



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
POSGRADO EN PEDAGOGÍA
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS

**EDUCACIÓN Y MUSEOS: HACIA UNA EVALUACIÓN PEDAGÓGICA DEL
APRENDIZAJE INFORMAL**

Un estudio de caso en Universum Museo de las Ciencias

TESIS

**QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE
MAESTRA EN PEDAGOGÍA**

PRESENTA:

ALBA PATRICIA MACÍAS NESTOR

TUTORA: DRA. SARA ROSA MEDINA MARTÍNEZ
Posgrado en Pedagogía, Facultad de Filosofía y Letras

MIEMBROS DEL COMITÉ:

Dra. Claudia Pontón Ramos

Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación

Dra. Elaine Reynoso Haynes

Dirección General de Divulgación de la Ciencia

Dr. Juan Manuel Piña Osorio

Instituto de Investigaciones sobre la Universidad y la Educación

Dra. María del Carmen Sánchez Mora

Dirección General de Divulgación de la Ciencia

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, NOVIEMBRE 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Resumen

La educación informal en ciencia ha adquirido notable atención por sus logros educativos en específico para fomentar el interés y la motivación de los estudiantes en las actividades de formación educativa que ocurren fuera de la escuela. En esta investigación se realiza un estudio de caso en Universum Museo de las Ciencias en donde se exploran y describen las categorías de análisis del aprendizaje informal que se construye en este ambiente educativo. Los participantes en la investigación fueron en su mayoría jóvenes entre 13 y 22 años quienes son el público más frecuente en este museo universitario. Los resultados muestran que las categorías experiencial, cognitiva y afectiva de tipo positivo son las que surgen con mayor frecuencia como resultado de la visita museística, esta información permite contar con elementos para afirmar que un ambiente educativo informal favorece las condiciones cognitivas para la construcción de aprendizajes en sus visitantes. Al finalizar esta tesis se brinda una propuesta preliminar de corte pedagógico para evaluar el aprendizaje informal que ocurre en estos ambientes educativos informales.

Palabras clave: aprendizaje informal, museos y centros de ciencias, ambientes educativos, evaluación del aprendizaje, investigación cualitativa, enfoques mixtos.

Abstract

Informal science education has received remarkable attention due to its outcomes regarding encouragement and students' motivation to participate in educational activities that occur outside school. In this research a case study in Universum Museo de las Ciencias was performed, where diverse categories of analysis of informal learning in this educational environment were explored and described. The participants were young people between 13 to 22 years old, they are frequent visitors in this university museum. The results show that experiential, cognitive and affective categories of a positive type are the ones that appear most repeatedly as a consequence of the museum visit. This information provides evidence that sustains that informal learning environments favor cognitive conditions for learning and knowledge construction in museum visitors. A pedagogical proposal for the evaluation of informal learning at these educational environments is provided at the end of the present thesis.

Keywords: Informal learning, museum and science centers, educational environments, learning evaluation, qualitative research, mixed approaches.

Agradecimiento especial

Dr. Germán Vega-Flores

Universidad Internacional de Valencia, España

Gracias por la revisión y las precisiones metodológicas

Agradecimientos

A mi Alma Mater, mi querida Universidad me ha dado tanto desde que pise sus aulas que estaré eternamente agradecida.

Mi querida tutora, la Dra. Sara Rosa Medina, por su precisión para guiar mis pasos en este proceso de formación como investigadora, por sus consejos y su disposición para conversar en torno a la investigación y otros elementos personales.

Mi co-tutora y apoyo en la vida académica. Querida Dra. María del Carmen Sánchez Mora te has convertido en mi modelo, no tienes idea de cuánto admiro cada una de tus virtudes. Muchas gracias por aquella invitación que cambió mi vida para bien, empezar a colaborar contigo me ha brindado aprendizajes que siempre me sorprenden. Una jefa como tú hace que cada día sea inspirador y creativo.

Mi querida maestra Ana María Sánchez Mora, contigo he creado un vínculo muy cariñoso, largas horas de charlas, de compartir sentires y malestares, de construir y deconstruir. Siempre has sido y serás mi inspiración para expresarme de manera escrita.

A la Dra. Elaine Reynoso-Haynes, mucho de este logro te lo debo a ti, tu impulso y visión ha sido una guía muy valiosa para mi vida.

Al amor de mi vida, Psic. Eduardo Contreras Sánchez, hace 27 años que compartimos este recorrido por la vida, aprendido juntos y superado infinitos retos. Tu brillo siempre ha iluminado y enriquecido mi camino, gracias por apoyarme con este proceso de formación. Así como a mi nena Yumi, llegaste a nuestra vida para ser un complemento de paz y armonía, gracias por el amor infinito, la compañía y la insistencia para conseguir que cumplamos tus necesidades.

A mi querido Dr. Germán Vega-Flores, gracias por las largas horas de charlas interminables, por los retos y formas de ver la vida que hemos compartido, estás y eso complementa mi vida.

A Jennie Becerra Bertram gracias por tu cariño y ánimo durante todo este proceso, también por leer esta tesis y compartirme tus ideas.

A mi familia núcleo; Mario Macías, Jovita Nestor, Gisela, Mario Eduardo y Azahel; su apoyo y aliento ha sido pieza fundamental para mi formación profesional. Los amo. Hermana querida, gracias por ayudarme con las transcripciones.

A mis tíos Nestor y sus familias; Javier, Vicente, Filiberto y Rosa María es grato contar con su cariño en todo momento. Así como a mi tío Ing. Arturo Macías y prima Cecilia Torres por su impulso y ejemplo de resultados.

A mi familia adoptiva, mi querido suegro Eduardo Contreras Pineda, su cariño ha sido un apoyo invaluable para mi vida, gracias por quererme y apoyarme tanto. Evelyn, Kenia y Christopher, gracias por su cariño y las maravillosas aventuras.

A mi familia Lopada por todos los momentos de risa, cariño y apoyo, en especial a mi suegra Elizabeth Sánchez, Enrique Sandoval y a las familias Narcia, Serie y Pascacio.

A mis amigas quienes soportan y apoyan todo lo que soy, mis escuchas y confidentes, mis hermanas de la vida. Dra. Amor Saldaña, Quím. Jessica Salas, DCV. Carina Monterrosa, DCV. Ana Navarrete, Mtra. Derlly González, Fís. María del Sol Reyes, Lic. Paola Ramírez, Lic. Paola Rodríguez, Quím. Frida Toimil, Gabriela González-Casanova, CD. Mariana Salas.

Al Dr. Omar Torreblanca Navarro por sus precisiones conceptuales que han sido pieza clave desde la primera vez que coincidimos en proyectos de colaboración.

A mi equipo de Izcaltia Crecer con Ciencia cuánto hemos crecido en tan poco tiempo, cada uno de ustedes fue un oasis cuando me encontraba desolada, me rescataron e hicieron renacer con sus ideas y proyectos de aprendizaje, estaré infinitamente agradecida con cada uno de ustedes.

Mis profesores de posgrado por compartir su sabiduría: Dr. Juan Manuel Piña Osorio, Dra. Leticia Gallegos Cázares, Dra. Teresa Bravo Mercado, Dr. Fernando Flores Camacho, Dra. Graciela González Juárez, Mtra. María Estela Ruiz Larraguivel, Dra. Claudia Pontón Ramos y Dr. Gerardo Hernández Rojas.

Mis colegas en formación, los geniales intensos que hicieron de estos dos años de formación una verdadera riqueza. A mi amigo y profesor en psicología el Mtro. Bernardo Delabra por la comunicación constante, los proyectos realizados y los debates académicos. Así como a mi querida amiga la Dra. Nathalie Mota Perusquía por tu impulso y tanto cariño que siempre me compartes, ha sido muy grato compartir este proceso contigo.

Al Programa Jóvenes hacia la Investigación, por su participación y apoyo con la recolección de los datos. Gracias Biol. Guillermina de Francisco por el cariño y disposición para apoyarme.

A la tutora y querida amiga del programa de Niños y Niñas Talento del Gobierno de la Ciudad de México, gracias por tu apoyo y cariño Biól. Melissa Itandehui Ramírez Tapia.

A todos los facilitadores de aprendizaje que colaboraron conmigo durante 17 veranos de ciencia, gracias por participar en esta investigación.

A mi lugar de trabajo, la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, un espacio que me ha permitido desempeñarme profesionalmente e inspirarme con la ciencia. Este trabajo está dedicado a todas las personas que hacen de la divulgación de la ciencia parte esencial de su existencia.

La ciencia es una delicia, la evolución nos ha hecho de modo tal que el hecho de comprender nos da placer porque quien comprende tiene mayores posibilidades de sobrevivir.

Carl Sagan

Cosmos

Tabla de contenido

Introducción	10
Capítulo I. Problemática y objetivos de la investigación	15
1.1 Justificación de la investigación	16
1.2 Planteamiento del problema.....	17
1.3 Objetivos	19
1.3.1 Objetivo principal	19
1.3.2. Objetivos secundarios.....	19
Capítulo II. Marco teórico conceptual	20
2.1 El museo de ciencias como un espacio personal, social y cognitivo.....	22
2.2 Investigación educativa en museos y centros de ciencias.....	25
2.3 Estudios de la conducta de los visitantes en los museos y centros de ciencias.....	29
2.4 Estudios de los procesos cognitivos de los visitantes en los museos y centros de ciencias.....	30
2.5 Estudios de la dimensión afectiva en los museos y centros de ciencias.....	34
2.6 La evaluación en los museos y centros de ciencias	37
2.7. Evaluación del aprendizaje informal en museos y centros de ciencias.....	41
Capítulo III. Marco teórico analítico	44
3.1 Perspectivas teóricas: del constructivismo a la neurobiología del aprendizaje humano.....	44
3.2 Teorías del aprendizaje: del constructivismo a la neurobiología.....	44
3.3 El concepto de aprendizaje humano	47
3.4 El aprendizaje informal.....	49
3.5 El aprendizaje informal en los programas y situaciones didácticas.....	51
3.6 Aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias.....	53
Capítulo IV. Metodología de la investigación	58
4.1 Pregunta de investigación	58

4.2 Población y muestra (universo).....	58
4.2.1 Fase I. Mapeo del espacio de exposición.....	58
4.2.2 Fase II. Conocimiento de los visitantes de la sala Agua elemento de la vida.....	59
4.2.3 Fase III. Un ambiente educativo de aprendizaje informal.....	60
4.3 Hipótesis.....	60
4.4 Listado de descriptores del marco teórico conceptual.....	60
4.5 Listado de descriptores del marco analítico.....	61
4.6 Técnicas utilizadas para la recolección de los datos para la investigación.....	61
4.6.1 Timing (registro de tiempos de permanencia).....	61
4.6.2 Tracking (seguimiento de visitantes).....	61
4.6.3 Entrevista.....	62
4.6.4 Cuestionario.....	62
4.6.5 Registro en video.....	63
4.7 Características del ambiente educativo informal en donde se desarrolló la investigación.....	63
4.7.1 Universum Museo de las Ciencias.....	63
4.7.2 Un estudio de caso en la sala Agua elemento de la vida.....	66
4.7.3 Características específicas de la sala Agua elemento de la vida.....	68
4.8 Diseño metodológico de la investigación.....	74
4.8.1 Fase I. Mapeo del espacio de exposición.....	75
4.8.2 Fase II. Conocimiento de los visitantes de la sala Agua elemento de la vida.....	78
4.8.3 Fase III. Un ambiente de aprendizaje informal con variables controladas.....	79
Capítulo V. Análisis de la investigación.....	83
5.1 Fase I. Mapeo del espacio de exposición.....	83
5.2 Fase II. Conocimiento de los visitantes de la sala <i>Agua elemento de la vida</i>	90
5.2.1 Resultados sociodemográficos de la fase II.....	92
5.2.2 Resultados del análisis de la entrevista de la fase II.....	94
5.3 Fase III. Un ambiente de aprendizaje informal con variables controladas.....	103
5.3.1 Resultados sociodemográficos de la fase III.....	104
5.3.2 Fase III. Resultados del cuestionario previo a la visita a la sala Agua elemento de la vida	108
5.3.3 Fase III. De las categorías de análisis del aprendizaje informal en la sala Agua elemento de la vida.....	114

5.3.4 Fase III. Resultados del registro en video en la sala Agua elemento de la vida.....	115
5.3.5 Resultados obtenidos con el software Atlas ti.....	128
5.3.6 Hallazgos relevantes en el estudio de caso en la sala Agua elemento de la vida.....	142
Capítulo VI. Discusión, conclusiones y recomendaciones.....	145
6.1 Hacia una propuesta de evaluación de corte pedagógico del aprendizaje informal en museos y centros de ciencias	145
6.2 Propuesta de evaluación del aprendizaje informal para museos y centros de ciencias: la evaluación multiángulo	147
6.2.1 La evaluación multiángulo del aprendizaje informal en ciencia: una propuesta metodológica de corte pedagógico.....	148
6.3 Conclusiones	152
6.4 Recomendaciones	154
Referencias	155
Anexo I.....	166
Anexo II.....	167
Anexo III.....	168

Introducción

La educación informal en nuestro país ha adquirido gran atención como objeto de estudio en cuanto a sus alcances, características y beneficios educativos que aporta a los ciudadanos mexicanos. Diversos autores señalan la discusión entre académicos para delimitar la frontera entre lo que es educación no formal y lo que corresponde a la educación informal. Pero más allá de colocar una brecha académica es necesario brindar aportaciones pedagógicas que analicen la complementariedad de los conceptos. Se han resaltado las ventajas de favorecer a la educación formal con las características y beneficios que brinda la educación informal (Asensio y Pol, 2001 citado en Asenjo, Asensio y Rodríguez-Moneo, 2012) ya sea mediante la construcción de situaciones didácticas o bien con la implementación de apoyos tales como la asistencia a ambientes educativos informales.

Los ambientes educativos informales incluyen una gama de entornos que se podrían clasificar como simples y complejos. Los entornos simples hacen referencia a las conversaciones familiares, las charlas entre amigos, observar un video en internet, practicar alguna actividad deportiva y recreativa, entre otros. Los entornos complejos serían aquellos que tienen una intención educativa plasmada en sus objetivos, ejemplos de estos serían las visitas al jardín botánico, zoológicos, parques temáticos, eventos masivos de ciencia y tecnología, excursiones, cursos de verano, campamentos científicos y las visitas a los museos y centros de ciencias. De estos últimos, su papel educativo ha sido estudiado desde la década de los 90s en donde se han documentado diversos hallazgos derivados de una fuerte relación con las reformas curriculares y la necesidad de una alfabetización científica para la ciudadanía (Guisasola y Morentín, 2005).

Las instituciones educativas formales de diversos niveles recurren a los ámbitos educativos informales para buscar un complemento a la educación formal, ejemplificar los conceptos científicos revisados en clase o bien, para brindar opciones que favorezcan el aprendizaje en los estudiantes.

Después de haber sido considerados en un principio como espacios para la diversión, luego para adquirir conocimientos, y posteriormente para generar actitudes hacia la ciencia y adquirir una cultura científica en la población (Rennie y McClafferty, 1996), los museos y centros de ciencias se destacan ante todo, entre las opciones educativas informales que tienen un impacto social (Guisasola y Morentin, 2005).

Los museos y centros de ciencias se han convertido en espacios valiosos para la educación en ciencia al cumplir sus funciones comunicativas, educativas y sociales. Además, son vistos como una de las instituciones más importantes para contribuir a la construcción de una cultura científica en la población a la que atienden, ya que entre algunas de las funciones más importantes está brindar la posibilidad de que los asistentes adquieran opiniones fundamentadas acerca de las ciencias, indispensables para el ciudadano contemporáneo que vive rodeado de constantes cambios e innovaciones en materia de ciencia y tecnología, y sin los cuales se convierte en un individuo poco informado y por lo mismo disminuye su participación en la toma de decisiones importantes en la sociedad actual (Sánchez-Mora, 2007a).

Es así como las características del aprendizaje que se construye en estos espacios ha llegado a las preguntas de diversas investigaciones (Guisasola y Morentín, 2005; Livingstone, Pedretti y Soren, 2001; Sánchez-Mora, 2013), de forma específica el aprendizaje informal y sus alcances. En esta investigación se considera la visión de Sarramona (1992) sobre educación no formal, como aquella que tiene las mismas características de la educación formal (planeación, organización, jerarquización y evaluación) pero que ocurre fuera del ámbito oficial; mientras que como educación informal se considera a los nuevos enfoques norteamericanos (Falk, 2014; Stocklmayer, 2005), quienes definen al aprendizaje informal como aquel que es de carácter personal e idiosincrásico, que depende del contexto, los antecedentes y las motivaciones e intereses del individuo.

Las opciones educativas informales han permitido acercar la ciencia a distintos públicos, no solo desde el aspecto conceptual y cognitivo, sino también a partir de las dimensiones actitudinal y social, (Camarero, Garrido-Samaniego y Silva-García,

2009) estas últimas, relacionadas con el desarrollo personal, la responsabilidad, la socialización y las actitudes positivas hacia la ciencia, que comúnmente se dejan de lado en la escuela y que eventualmente podrían contribuir a estimular aprendizajes posteriores o incluso a crear vocaciones científicas (Vázquez y Manassero, 2007). Sin embargo, todos estos logros potenciales de la educación informal, y en particular la que ocurre en los museos y centros de ciencias, requiere ser evaluada para determinar su eficacia.

Es así como debido a la amplitud y diversidad de actividades organizadas y sistemáticas, que pueden recibir el calificativo de educación informal, que surge la necesidad de investigar sus tipos, accesibilidad, duración y sobre todo sus alcances pedagógicos, psicológicos e incluso sociales, de ahí que se recurra a la evaluación para fundamentar esta necesidad, todo ello con el objetivo de generar investigación que permita analizar y proponer estrategias eficientes que faciliten el aprendizaje en diferentes contextos.

Una de las sustantivas ventajas de estudiar un museo como Universum es su carácter de universitario, dado que depende en gran medida de la toma de decisiones de expertos en cada uno de los componentes que integran el montaje de una sala con contenido científico, es por ello que para el inicio de esta investigación ya se contaba con un guion conceptual y un mapa de distribución de los equipamientos de la sala *Agua elemento de la vida*, en la que se basa esta tesis.

El interés por estudiar el aprendizaje informal surge de profesionales interesados en responder interrogantes como, ¿qué aprenden las personas en el museo?, ¿cómo se aprende en esos lugares?, ¿sus conocimientos influyen en su relación con el museo?, ¿hay un cambio de actitud con respecto a la ciencia? La comprensión de nuestro entorno requiere de análisis pertinentes que influyan en la toma de decisiones, la respuesta a estos análisis es la cultura científica.

La presente investigación pretende profundizar en el conocimiento del papel educativo de los museos y centros de ciencias en la generación de una cultura científica en los visitantes. Para ello se busca conocer, a partir de las prácticas en la evaluación del aprendizaje informal qué ocurre en estos espacios y así brindar

una propuesta metodológica de corte pedagógico que permita registrar la experiencia de las personas que visitan los museos o centros de ciencias. Lo anterior con la intención de ofrecer una herramienta de evaluación hasta ahora escasa en estos recintos.

El contenido de esta tesis está organizado en seis capítulos de la siguiente forma:

En el capítulo I se describen los elementos metodológicos del protocolo de investigación que incluyen el contexto, la justificación, el planteamiento del problema y los objetivos con la intención de presentar el panorama general del estudio de caso.

El capítulo II se enfoca en plantear un marco teórico conceptual en donde se brinda una revisión de los ambientes educativos informales como son los museos y centros de ciencias, la investigación educativa que se ha realizado en estos entornos y en específico las características de las evaluaciones que se han desarrollado, con la finalidad de tener una perspectiva de los aportes que puede brindar este trabajo.

El capítulo III detalla el marco teórico analítico en donde se realiza una revisión de las perspectivas teóricas más relevantes para comprender el aprendizaje humano, se desglosa el concepto de aprendizaje humano, se define el aprendizaje informal en diferentes contextos educativos y en particular se analiza cómo se ha vinculado este proceso de construcción personal con los museos y centros de ciencias.

El capítulo IV muestra la metodología de investigación diseñada para esta tesis en donde se incluye la pregunta de investigación, la población con la que se trabajó en cada fase, la hipótesis, los listados de descriptores, las técnicas para la recolección de los datos, las características del estudio de caso y la descripción del diseño metodológico de enfoque mixto de tipo secuencial.

En el capítulo V se desarrolla el análisis de los datos obtenidos durante las tres fases de esta investigación llevadas a cabo en un estudio de caso realizado en la sala *Agua elemento de la vida* de Universum Museo de las ciencias, en donde se observan a detalle las categorías de análisis del aprendizaje informal planteadas en esta investigación.

Finalmente, en el capítulo VI se presentan los hallazgos de esta investigación, se desarrolla una propuesta de evaluación de corte pedagógico y se brindan recomendaciones para realizar estudios en museos. A esta propuesta se le denominó *evaluación multiángulo para museos y centros de ciencias*, con la finalidad de que pueda ser replicada en otros ambientes educativos informales con enfoque científico.



Capítulo I. Problemática y objetivos de la investigación

El presente capítulo introduce los aspectos específicos del protocolo de investigación implementado para comprender cómo se construye el aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias, en particular en Universum Museo de las Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Para llevar a cabo esta investigación se presentan los siguientes elementos: la justificación, el planteamiento del problema, los objetivos, la pregunta de investigación y las características de la población y de la muestra con la que se realizó la presente tesis con la finalidad de hacer una propuesta estructurada para evaluar el aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias.

Para tener un contexto general de los aspectos representativos de esta investigación es importante saber que desde el origen de los museos y centros de ciencias que se remonta a mediados del siglo pasado y con el objetivo de innovar y desarrollar mejores exhibiciones, ha habido gran interés por la evaluación de estos ambientes educativos informales.

De manera tradicional, la evaluación en los museos y centros de ciencias se ha enfocado en determinar quiénes los visitan y en qué forma, es decir, si las personas asisten solas, con pares, con familia, si la visita forma parte de una actividad escolar, etc. La evaluación ha tenido una mirada de corte descriptivo en donde se obtienen datos generales acerca del número de personas que asisten al museo anualmente, su género, cantidad de salas que se visitan, número de actividades realizadas, balance entre ingresos y egresos económicos, etc. Estas primeras aproximaciones daban cuenta de lo que sucedía en ambientes educativos informales en términos de estadísticas generales, además de que conocían el desempeño de los museos por medio de los denominados libros de visitantes en los cuales se recolectaba información de manera abierta y libre mediante opiniones escritas.

De esta manera, las primeras aproximaciones para la evaluación de estos ambientes educativos informales surgen de la necesidad de demostrar que cumplen con el objetivo para el cual fueron creados, “acercar la ciencia a las poblaciones alejadas de la escuela” (Sánchez-Mora, 2018, p.14). Esta autora en 2007c, menciona que la

preocupación inicial de las instituciones científicas en Estados Unidos por la evaluación de los espacios dedicados a la ciencia se debió al retiro del financiamiento gubernamental en los años 90 debido a que los ciudadanos cuestionaron el uso de los recursos públicos en ciertas líneas de investigación. Al respecto Hooper-Greenhill (1998) expresa "...se realizan estudios de evaluación con relativa asiduidad puesto que antes de asignar fondos a un programa se suele efectuar algún tipo de valoración del trabajo realizado con el fin de demostrar la utilidad y el éxito del proyecto".

La presente investigación descriptiva y exploratoria parte de las categorías de análisis empleadas para estudiar el aprendizaje informal con el fin de desarrollar una propuesta estructurada que sirva para evaluar cómo se da el proceso de construcción personal en los museos y centros de ciencias.

1.1 Justificación de la investigación

En la actualidad, los museos y centros de ciencias se han convertido en una valiosa herramienta de apoyo para la educación formal en ciencias, así como también en espacios para acercar a todo público al conocimiento científico, en particular, a todos aquellos que por diversos motivos ya no tienen acceso a la escolaridad.

La implementación de metodologías de evaluación del aprendizaje en ciencia en estos espacios ha sido abundante en términos de modelos experimentales tradicionales con enfoque cuantitativo. A partir de los años 80s se comenzaron a explorar métodos cualitativos tales como estudios etnográficos, entrevistas a profundidad e investigación-acción (Pastor Homs, 2004).

Por otro lado, si bien los museos y centros de ciencias cumplen una importante labor educativa y por ende social, son instituciones de alto costo que requieren justificar su existencia y manutención a través de la evaluación de su función social.

A la fecha se han llevado a cabo en todo el mundo diversos esfuerzos para intentar medir su eficacia como instituciones aculturadoras, sin embargo, los resultados son poco reproducibles en los diferentes museos y centros de ciencias, en parte debido a las características ya mencionadas del aprendizaje informal.

El gran reto en la presente investigación consistió en desarrollar una primera aproximación hacia una metodología de evaluación con enfoque pedagógico que genere información desde este punto de vista, hasta ahora poco sólido, del proceso de aprendizaje informal que ocurre en estos recintos. Medina (2006), expresa que el significado y trascendencia de la cultura de la evaluación institucional es una exigencia en todos los ámbitos y una forma estructurada de conocer el objeto de estudio en sus especificidades.

Con esta propuesta de evaluación se espera llegar, no solo al registro del proceso del aprendizaje informal, sino a obtener datos comparativos que permitan generar indicadores de eficacia entre diversas instituciones, solo así podrán hacerse de lado los numerosos estudios locales que no arrojan información más allá de situaciones particulares. Con la metodología que se busca explorar se espera tener un punto de comparación entre instituciones parecidas y aportar al campo de la pedagogía museística hasta ahora poco documentada.

1.2 Planteamiento del problema

En los últimos veinte años han sido abundantes los estudios y la investigación acerca de los museos y centros de ciencias, por un lado, en busca de la forma óptima de brindar sus servicios y así poder atender de forma adecuada a sus visitantes, y por otro, para cumplir la meta que la mayoría de ellos se ha propuesto, consistente en colaborar con la formación de una cultura científica en la población a la que atienden (Burns, O'Connor y Stockmayer, 2003).

Ante la falta de parámetros para poder evaluar el cumplimiento de esta meta se ha recurrido a la medición del impacto educativo de los museos y centros de ciencias sobre sus visitantes; para ello se han utilizado muy diversos enfoques científicos y metodologías de investigación, que se han modificado a lo largo del tiempo de acuerdo con los objetivos, las ideas y las teorías empleadas para explicar el efecto que estos espacios considerados de divulgación, educación informal o de comunicación de la ciencia, han tenido sobre sus usuarios.

Los estudios señalan que los museos y centros de ciencias constituyen un ambiente educativo donde se lleva a cabo la comunicación de la ciencia, de la que emana un proceso denominado aprendizaje informal de las ciencias (ver, Capítulo III para profundizar en el concepto), que no solamente puede surgir de aquello que se exhibe, sino también de una serie de actividades educativas que complementan los contenidos de las exhibiciones que ofrece este versátil espacio.

La experiencia y la diversidad de enfoques reunidos en tan solo un cuarto de siglo ha generado una serie de confusiones, de manera particular en la terminología empleada en este medio y en la definición de los alcances educativos y comunicativos que los museos y centros de ciencias debieran asumir para cumplir sus funciones educativas, comunicativas y sociales.

Aunado a esto es sabido que el aprendizaje de la ciencia tiene una complejidad inherente al tema, dado que el conocimiento científico contiene ideas que se renuevan de manera constante y tienen un lenguaje específico de cada disciplina científica que requieren la reconstrucción de conceptos en la estructura cognitiva de cada persona. Por lo tanto, llegar a la comprensión de un concepto científico implica una reestructura, en términos de aprendizaje, de las concepciones alternativas individuales, es decir, la comprensión de un concepto científico por parte de las personas se lleva a cabo a partir de estas concepciones y el proceso requiere de una reestructuración de sus esquemas. Los museos y centros de ciencias recrean el discurso de la ciencia para lo cual tienen que tomar en cuenta qué se expresa en un lenguaje especializado que no maneja el destinatario para que un visitante logre asimilar el mensaje implícito en una secuencia museográfica y con esto se espera facilitar los procesos de aprendizaje informal.

En la actualidad, la educación formal se apoya de estos espacios para fortalecer los conocimientos adquiridos en el aula, por ello surge la inquietud de conocer si estos espacios comunican de forma efectiva las ideas de ciencia adecuadas para el público que las visita y saber si los objetivos institucionales de estos espacios se cumplen o requieren de innovaciones.

La cantidad de estudios publicados durante las últimas dos décadas son considerables, hay importantes esfuerzos de evaluación cuantitativa y cualitativa muy valiosos que sin duda han sido de gran apoyo para los museos y centros de ciencias. Pastor Homs (2004) señala que dentro del ámbito museístico se han documentado experiencias cuantitativas y cualitativas, sin embargo, han sido estudios que se han enfocado en la aplicación de técnicas aisladas que carecen de una metodología de evaluación establecida. Así, el interés de esta investigación es realizar una primera aproximación hacia una metodología de evaluación con enfoque pedagógico, que permita registrar y comprender el aprendizaje informal en ciencia en estos espacios. Con el fin de aportar nuevas alternativas para el diseño e implementación de exhibiciones basadas en estudios pedagógicos para acercar a la población hacia la ciencia.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo principal

Construir una propuesta de evaluación de corte pedagógico del aprendizaje informal de ciencia en estudiantes de 13 a 17 años.

1.3.2. Objetivos secundarios

- Describir la importancia educativa de los museos y centros de ciencias.
- Documentar las mejores prácticas que se han desarrollado para evaluar el aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias.
- Identificar las categorías de análisis del aprendizaje informal presentes en la visita a una sala de Universum Museo de las Ciencias en estudiantes de 13 a 17 años.



Capítulo II. Marco teórico conceptual

Este capítulo brinda un panorama general de la importancia de los ámbitos educativos informales, específicamente los museos y centros de ciencias en un contexto del siglo XXI, así como los estudios que se han realizado para obtener información acerca del aprendizaje informal que se construye en estos espacios.

Hoy en día, se asume la importancia de los museos y centros de ciencias como espacios valiosos para la educación en ciencia que cumplen funciones educativas, comunicativas y sociales. Es la función educativa la que significa y da estructura al vínculo entre la educación y los museos.

La segmentación de lo que se define como educación formal, no formal e informal ha sido ampliamente discutida y definida desde tiempos de Coombs (1978 citado en Pastor Homs, 2004), en esta visión de tres aristas hay un consenso entre las características de la educación formal y no formal que radica en la fuerte intención educativa de sus procesos y la forma metódica en la que se lleva a cabo; no así con la educación informal que queda abierta cuando de intencionalidad se habla (Trilla, 1993).

Coombs (1978 citado en Pastor Homs, 2004) señala que la educación formal es aquella que pertenece a un sistema educativo institucionalizado con las reglas y normas establecidas en cada país. La educación no formal hace referencia a todas aquellas actividades organizadas y sistemáticas que se realizan fuera del sistema institucional. Por otro lado, la educación informal es un proceso que permanece a lo largo de la vida de un individuo, en donde las personas adquieren conocimientos, habilidades y actitudes mediante las interacciones cotidianas con el medio en el que se desenvuelven. Cabe mencionar que este proceso cognitivo es personal, contextual y variable en el tiempo (Falk, 2014). De la educación informal se deriva lo que se puede denominar como aprendizaje informal que da cuenta de aquellos eventos cotidianos o planeados en los que se involucra un individuo y que generan un cambio en la estructura cognitiva.

De acuerdo con el *National Research Council* de Estados Unidos NRC US (2009) y su *Committee on Learning Science in Informal Environments* “los esfuerzos para mejorar la capacidad científica generalmente se dirigen a las escuelas, se centran en estrategias dirigidas a mejorar el currículo de ciencias y la capacitación de profesores, sin embargo, lo que a menudo se pasa por alto o se minimiza es el potencial para el aprendizaje de la ciencia en entornos no escolares, que es donde las personas pasan la mayor parte del tiempo” (NRC US, 2009, p.1, traducción propia). Este potencial ha sido poco valorado y es donde también existen oportunidades significativas para el aprendizaje de las ciencias, ya sea por medio de la exploración, la participación o la utilización de las experiencias educativas que ofrecen los entornos de aprendizaje informal.

Los ámbitos educativos informales recrean ciertos conceptos e ideas o representan algunos fenómenos que estudia la ciencia en donde las personas pueden desarrollar intereses científicos y reflexionar sobre sus experiencias con la explicación de dichos fenómenos. Se han consolidado a través del tiempo como opciones para fortalecer la educación formal o bien para acercar el conocimiento de la ciencia a las personas que por diversas circunstancias están alejadas de la escuela, es decir, se miran como alternativas para fortalecer la educación continua y la educación para toda la vida.

Estos ámbitos incluyen una amplia gama de entornos, que van desde discusiones familiares en el hogar, actividades recreativas, participación en clubes, visitas a museos, centros interactivos de ciencias, museos de ciencias, museos de ciencias y tecnología, acuarios, jardines botánicos, parques/reservas ambientales, museos de historia, museos de historia natural, museos de antropología, planetarios y zoológicos. Estos se podrían clasificar como ambientes educativos simples y complejos. Los ambientes educativos simples hacen referencia a las conversaciones familiares, las charlas entre amigos, observar un video en internet, practicar alguna actividad deportiva y recreativa, etc. Mientras que los ambientes educativos complejos serían aquellos que tienen una intención educativa, ejemplos de estos serían las visitas a jardines botánicos, zoológicos, parques temáticos, eventos masivos de ciencia y tecnología, excursiones, cursos de verano, campamentos científicos, museos y centros de ciencias, entre otros.

Aunque cada uno de estos ambientes brinda importantes contribuciones a la educación informal en diversas ciencias, esta tesis se centra en los denominados museos y centros de ciencias, que son aquellos ámbitos educativos informales que tienen por objetivo comunicar el conocimiento científico a través de experiencias educativas interactivas e innovadoras.

Los museos y centros de ciencias, además de cumplir importantes funciones educativas y comunicativas, se consideran un instrumento social para la comunicación pública de la ciencia (Sánchez-Mora, 2018), dada esta relevancia y el reciente interés por la renovación de ideas, temáticas, experiencias educativas, diseño de equipamientos interactivos¹, espacios creativos, etc., es que se torna necesario conocer el impacto de lo que se ha hecho para evaluar estos espacios.

Además, el tener presente la función comunicativa y educativa de estos ambientes de educación informal es fundamental ya que han sido constantes los cuestionamientos en torno a qué se llevan los visitantes, cómo se podría definir lo que sucede en los individuos y en particular cómo se puede evaluar aquello que ocurre en estos espacios museísticos.

2.1 El museo de ciencias como un espacio personal, social y cognitivo

Desde la creación de los ambientes educativos informales con enfoque científico (en 1969, con la apertura del *Exploratorium* en San Francisco, Estados Unidos y el *Ontario Science Centre* en Canadá) han proliferado gran cantidad de museos y centros de ciencias. En 2005, se estimaba que había cerca de 1200 museos y centros de ciencias en todo el mundo (Duensing, 2006), en la Guía de Centros y Museos de Ciencia de América Latina y el Caribe publicada en 2015 se reportan 468 (RedPop, 2015) y en un estudio más reciente de 2019 se cuenta con una base de datos a nivel Iberoamérica de 804 ambientes educativos informales (MUSA Iberoamericana,

¹ Un equipamiento interactivo es un artefacto diseñado con la intención de propiciar en el público diversas experiencias que sirvan como sustento a la construcción de conceptos, nociones y habilidades, e incluso, actitudes o valores relacionados con la ciencia y la aplicación del conocimiento (Arias, 2012).

2019). Este considerable aumento en el interés por crear o innovar estos espacios nos refiere a su importancia educativa y social.

Los museos y centros de ciencias se han visto como una “alternativa para complementar la en general deficiente educación científica escolar” (Reynoso, 1997, p. 21) y para acercar la ciencia a las poblaciones que están distanciadas de la escuela. Su intención ha sido colaborar con la propia escuela y con otros medios de comunicación en busca de una cultura científica o por lo menos de una alfabetización científica de la población. De acuerdo con Jenkins (1994):

“La alfabetización científica es un elemento educativo importante, no se trata de aprendizaje de vocabulario científico y de su definición estricta, sino de la comprensión y el entendimiento de su significado real, cuando se confronta al ciudadano común con la aplicabilidad efectiva de los términos que este vocabulario contiene. Se trata de una recolocación del conocimiento científico en el conocimiento del día a día”. (Jenkins, 1994, p. 602).

Por ello es que los museos y centros de ciencias se consideran hoy en día un instrumento social para la comunicación de la ciencia y un apoyo para la educación formal en ciencia, abarcan además de los museos interactivos y los centros de ciencias, a los planetarios y museos de historia natural, todos ellos con antecedentes en los museos tradicionales que exponen objetos e instrumentos relativos a la historia de la ciencia y la tecnología.

Los museos y centros de ciencias tienen la misión de comunicar el conocimiento científico a distintos públicos. Aunado a que la ciencia es una actividad humana que ha estado presente en el interés de la formación educativa desde las primeras propuestas de lo que todo individuo debe aprender en la educación formal. Las explicaciones que proporciona la ciencia en relación a nuestro entorno natural constituyen una manera de comprender la realidad que han sido útiles para la toma de decisiones en asuntos relacionadas con la ciencia y sus aplicaciones.

Annis (1986) expresa que los museos tienen una función simbólica, la cual se divide en espacio onírico, espacio pragmático y espacio cognoscitivo. Son espacios oníricos porque en ellos se presenta una interacción abstracta entre los objetos exhibidos y

el espectador puede hacer distintas lecturas. Son espacios pragmáticos debido a la importancia de la presencia física en un lugar, las acciones del visitante tienen significados independientes de los contenidos del museo, se convierte en “un espacio de satisfacción de nuestro ser social” (Annis, 1986, p. 170). Y son espacios cognoscitivos porque caen en el ámbito de la racionalidad en donde se ilustran conjuntos de ideas, es un lugar en donde el individuo se representa a sí mismo y “manipula a fin de adquirir *conocimientos o educación*” (Annis, 1986, p. 170).

Por otro lado, se ha expresado que los museos y centros de ciencias son espacios sociales porque hace referencia a la importancia que han ido adquiriendo para la sociedad, en vista de que se consideran como una opción para emplear el tiempo libre de las personas por la posibilidad de realizar actividades productivas y de entretenimiento.

En estos tiempos, los museos y centros de ciencias se encuentran inmersos en una sociedad que cambia de manera vertiginosa y constante es por ello que deben mantenerse actualizados y acordes a las nuevas tendencias para dar respuesta como el espacio social que se pretende, ser conscientes de que tendrán que competir con otros mercados que ofrecen múltiples actividades lúdicas y recreativas. Pérez, et al., (1998) mencionan la relevancia de crear espacios en donde los visitantes puedan tener una experiencia lúdica e inspiradora.

De acuerdo con Pérez, et al., (1998) una de las características esenciales de estos ambientes educativos informales es la posibilidad de participar activamente interactuando con los equipamientos interactivos que se muestran en una exhibición, dado que la interactividad fortalece los procesos de memoria, posibilita la relación entre diversos conceptos, la integración de ideas y el desarrollo de actitudes hacia la ciencia (Williams, 1991 citado en Pérez, et al., 1998). Es esta relación o conexión entre las ideas la “base de la construcción mental compleja que marca el progreso del aprendizaje” (Pérez, et al., 1998, p. 178).

Después de la revisión de la literatura, los expertos señalan la existencia de cambios en la estructura cognitiva de los individuos cuando interactúan con ámbitos

educativos informales simples o complejos, a los cuales han denominado aprendizaje informal (ver, Capítulo III).

2.2 Investigación educativa en museos y centros de ciencias

Desde el origen de los museos y centros de ciencias interactivos que se remonta a mediados del siglo pasado y con el objetivo de desarrollar mejores exhibiciones, ha habido gran interés por hacer estudios del público que los frecuenta para conocer desde su experiencia la opinión que tienen respecto a lo que se exhibe en estos ámbitos.

Shettel (2008) menciona que en los últimos 40 años, las metodologías de evaluación han evolucionado para poder validar y mejorar la eficacia educativa de las exposiciones. Se han llevado a cabo estudios de evaluación inicial, formativa, sumativa y remedial en diversas tipos de salas de museos que han demostrado su eficacia no sólo en las mejoras de las exposiciones, sino que han aportado al marco de referencia del desarrollo de exhibiciones.

El *Committee on Learning Science in Informal Environments* organizado por la *National Science Foundation (NSF)* en Estados Unidos fue establecido para examinar el potencial de los entornos no escolares para el aprendizaje de la ciencia. Este Comité reunió a 14 expertos en ciencia, educación, psicología, medios y educación informal quienes realizaron una amplia revisión de la literatura sobre el aprendizaje de la ciencia en entornos informales. Sus objetivos eran evaluar y obtener evidencia del aprendizaje de la ciencia en diferentes entornos, grupos de edad y en períodos de tiempo diversos; identificar las características de las experiencias de aprendizaje que son específicas para los entornos informales y las que se comparten con las escuelas; y desarrollar una agenda para la investigación y el desarrollo. Sus conclusiones son contundentes en cuanto a la evidencia del aprendizaje informal que se construye en los museos y centros de ciencias, en las experiencias cotidianas, en los programas de ciencia extraescolares y en los medios de comunicación. El carácter transversal de estos ámbitos informales, incluyendo a los medios de comunicación, proporcionan entornos incluyentes con herramientas y

oportunidades de aprendizaje para distintas comunidades considerando una diversidad de contextos culturales, sociales y lingüísticas.

Tradicionalmente la evaluación se ha enfocado en determinar quién usa los museos y centros de ciencias y en qué forma, muchas veces con una mirada de corte estadístico descriptivo en donde se documenta el número de personas que asisten al museo anualmente, su género, si gusta o no gusta el museo, el registro de la cantidad de salas que visitan, el número de actividades realizadas, el balance entre ingresos y egresos, entre otros. Estas primeras aproximaciones daban cuenta de lo que sucedía en estos ámbitos en términos de estadísticas descriptivas generales.

Aunado a esto, por al menos dos décadas los museos y centros de ciencias conocían su desempeño por medio de los denominados libros de visitantes en donde se recolectaba información de manera abierta y libre mediante opiniones generales que se popularizaron en diferentes partes del mundo debido a que se obtenía información inmediata al término de la visita. Con el paso de tiempo, esta técnica se fue mejorando para incentivar a los visitantes para aportar más detalle en sus observaciones.

La investigación en los museos y centros de ciencias surge de la necesidad de demostrar que cumplen con el objetivo para el cual fueron creados, “acercar la ciencia a las poblaciones alejadas de la escuela” (Sánchez-Mora, 2018, p.14), además de justificar la utilización de recursos públicos.

Sánchez-Mora (2007a) señala que la evaluación de los espacios dedicados a la ciencia surge de la necesidad de justificar el financiamiento gubernamental. Dentro de estos espacios figuran los museos y centros de ciencias los cuales tenían que contar con algún tipo de evidencia que demostrara su utilidad en la sociedad.

La investigación también surge del interés de los museos y centros de ciencias por conocer el impacto que tienen sus exposiciones en las personas que los visitan, en la literatura se menciona que las primeras investigaciones rigurosas en este ámbito surgen en Estados Unidos en 1928 impulsadas por la *American Association of Museums* en el *Pennsylvania Museum of Art* de Filadelfia y en el *Buffalo Museum of Science* de Nueva York en las cuales se registró la duración de la visita, el número

de salas visitadas, el número de obras a las que se les prestó atención y el tiempo que le dedicó el visitante a cada obra, estudios que aportaron evidencia en torno a la fatiga en los museos (Pérez-Santos, 2000). Sánchez-Mora (2007b) menciona como uno de los estudios pioneros el trabajo de Pauline Brooks “quien evaluó la manera en que el centro de ciencias de Los Ángeles contribuye a la comprensión científica, apreciación y cambios de conducta en los ciudadanos locales” (Sánchez-Mora, 2007b, p.153).

En Europa fue el *Natural History Museum* de Londres quien emprendió este tipo de estudios con un enfoque en la evaluación de la eficacia de las estrategias utilizadas en el museo, en donde los principales instrumentos de evaluación consistieron en entrevistas y observaciones (Miles, 1986a, 1986b, 1988; Miles y Tout, 1991 citados en Hooper-Greenhill, E., 1998).

En breve tiempo, los estudiosos de los museos comenzaron a realizar observaciones más rigurosas, tomando las salas de exposición como objetos de estudio en donde se pueden recolectar datos de los visitantes de forma más precisa que aportaron información que sirvió de base para las siguientes investigaciones. Durante este proceso de transición respecto a conocer el espacio museístico de forma general a mirarlo con ciertas especificidades, la evaluación se ha dirigido hacia comprender aspectos de mayor complejidad tales como la percepción del público hacia las exposiciones, el aprendizaje que se construye en la interacción con estos espacios, el efecto de la duración de las visitas, el papel de los guías o mediadores, entre otros.

En los últimos veinte años, la investigación educativa en los museos y centros de ciencias ha utilizado técnicas de recolección de datos que provienen de las ciencias sociales las cuales se han adaptado a las características de estos ambientes educativos. Algunas de estas han sido la observación, los cuestionarios, las encuestas, los seguimientos de visitantes y más recientemente las técnicas cualitativas como la etnografía, las entrevistas y el registro conductual mediante videograbación.

Pol y Asensio (2014) mencionan que los museos e instituciones que hacen conciencia de su potencial se enfocan en realizar estudios para conocer su posición

social, económica y educativa de tal manera que les permitan redirigir sus nuevos planteamientos hacia aumentar la calidad de la experiencia.

Desde la Pedagogía, como la ciencia que estudia el fenómeno educativo, se han documentado escasas aproximaciones hacia la evaluación de estos ambientes educativos informales. Gutiérrez y Calaf (2013) publicaron un ensayo piloto del proyecto de Evaluación Cualitativa de Programas Educativos de Museos de España (ECPEME), el cual retoma la propuesta de Parlett y Hamilton (1977 citado en Gutiérrez y Calaf, 2013) denominada Evaluación Iluminativa. Las autoras utilizan una combinación de técnicas para la recolección de datos tales como la observación, la implementación de una escala Likert y la realización de entrevistas con el objetivo general de verificar que la acción cultural del museo es relevante y significativa en sus destinatarios mediante el análisis de la eficacia de las intervenciones llevadas a cabo por los educadores (guías), así como el análisis de la formación y satisfacción de los educadores (guías) respecto a su actividad profesional y su relación con el museo.

Respecto a la evaluación del aprendizaje de la ciencia que es el tópico que ocupa esta tesis, los primeros registros asociados con procesos cognitivos datan de los años 60s en donde Taylor (1963 citado en Pérez-Santos, 2000) investigó sobre la retención de información en el *Pabellón de las ciencias* de la Universidad de Seattle.

Desde los años 90s el aprendizaje de la ciencia se miraba como un objetivo fundamental en los ambientes educativos informales, sin embargo, dada la complejidad para aproximarse al proceso cognitivo, los teóricos mencionan que la comprensión de este objeto de estudio se quedaba como una intuición u opinión respecto a lo que sucede durante una visita (Semper, 1990). Actualmente, hay diversos museos de ciencias que están realizando evaluaciones para obtener datos de aprendizaje sobre los contenidos científicos que se exhiben, como el *Exploratorium* en San Francisco, el cual es referente histórico debido a que fue el primer museo de ciencias interactivo en el mundo. La investigación en este museo se ha enfocado en brindar a los visitantes lo que ellos denominan “habilidades para hacer una investigación científica”, Gutwill y Allen (2013) sostienen que al fomentar

este tipo de habilidades en los visitantes se favorece la asimilación de aprendizajes en los museos de ciencias.

“La investigación científica es un conjunto de habilidades poco definidas que los científicos usan para comprender el mundo natural: observación, exploración, hipótesis, experimentación, creación de modelos, discusión, explicación, inferencias, etc. Estas habilidades se reconocen como un componente clave de la alfabetización científica en los Estándares Nacionales de Ciencia” (*National Research Council US*, 2000).

2.3 Estudios de la conducta de los visitantes en los museos y centros de ciencias

En la revisión de la literatura se señala que fue Robinson el primer investigador en documentar un estudio en un museo en 1928, el cual se enfoca en la conducta de los visitantes aportando evidencia respecto a la fatiga en los museos y el poder de atracción de los objetos (Pérez, et al., 1998; Pérez-Santos, 2000). El comportamiento fue el primer objeto de estudio en las investigaciones en los museos dado que por esos años se mantienen en auge las perspectivas conductistas y constructivistas en la investigación pedagógica.

Existen diversos enfoques y metodologías para realizar investigación de tipo conductual en un museo de ciencias, cada uno con sus ventajas y desventajas. En este tipo de investigaciones resaltan los estudios de Screven (1974), psicólogo de la Universidad de Wisconsin-Milwaukee, quien comenzó a explorar estrategias para acrecentar el aprendizaje en los museos (Pérez, et al., 1998).

Los estudios de la conducta de los visitantes en los museos fueron los primeros en documentarse y se pueden identificar los siguientes propósitos:

1. Conocer lo que los visitantes hacen en estos ambientes de aprendizaje informal, ya sea de forma individual, en grupos de amigos y familias.
2. Identificar la reacción o interacción entre los diversos elementos que componen un museo de ciencia y el visitante.
3. Aproximarse hacia la comprensión del poder de atracción de una exposición.

4. Conocer el efecto que tiene una exposición sobre el proceso de aprendizaje de un visitante.

En el ámbito de la investigación en estos ambientes, es Serrell (1998) quien propone parámetros que brindan información acerca de cómo se usan los museos de ciencias en la generalidad, menciona que los visitantes recorren menos de 28 m² por minuto, atienden al menos al 51% de los elementos que se exhiben y después de la visita son capaces de verbalizar hechos específicos, ideas y conceptos relacionados con el tema que observaron.

Los estudios del comportamiento en los museos y centros de ciencias han aportado evidencia de diversos factores que pueden indicar el poder de atracción de los objetos, el involucramiento del visitante con la exposición y algunos elementos que faciliten la comprensión del proceso de aprendizaje que se construye durante una visita, por ejemplo, el tiempo que un visitante le dedica a una exposición, la interacción de los visitantes con los elementos exhibidos, etc. Pérez, et al., (1998, p. 171) mencionan que “los centros de ciencia contribuyen al desarrollo de habilidades manipulativas, destrezas manuales, coordinación entre las manos y la vista, etc”.

Esta información da cuenta de que la conducta es un indicador observable que puede aportar evidencia de lo que sucede con el visitante en un museo, esto no significa que la conducta sea equivalente a aprendizaje, esta por sí misma puede indicar una infinidad de procesos cognitivos presentes que requerirán de análisis sistemáticos.

2.4 Estudios de los procesos cognitivos de los visitantes en los museos y centros de ciencias

Los procesos cognitivos relacionados con el aprendizaje de la ciencia se refieren “al conocimiento de hechos, conceptos, principios, aplicación de estos conocimientos, habilidad de sintetizar y crear otros nuevos y comprenderlos en profundidad” (Pérez, et al., 1998, p. 170). De acuerdo con Wellington (1990 citado en Pérez, et al., 1998) los centros de ciencias contribuyen al conocimiento del *qué* y rara vez al *cómo* y el *por qué* ocurren los fenómenos, entonces aunque su contribución no sea inmediata y directa, el autor habla de un efecto indirecto en la consolidación de aprendizajes.

El interés por comprender qué sucede con los visitantes a nivel aprendizaje se decantó en estudiar los procesos cognitivos desde lo que se conocía de primera instancia, la educación formal. En este contexto, se daba cuenta de la 'cantidad' de conocimientos que construía un estudiante por medio de exámenes escritos que evalúan los conceptos específicos revisados en el aula. Es por ello, que se reportan estudios en donde se adapta esta técnica de recolección de datos por medio de cuestionarios en los museos, con la finalidad de conocer si el visitante expresa conceptos o ideas en torno a la ciencia, es decir, se colecta información acerca del conocimiento memorístico.

Desde los años 60s se reportan estudios en donde el registro de tipo cognitivo prevalece en la recolección de los datos, uno de los enfoques estudiados desde el campo de la enseñanza de la ciencia es la comprensión de las preconcepciones en ciencia sobre todo con niños y niñas por la facilidad que tienen para verbalizar sus pensamientos, contrario a los adultos (Bloom, 1992 citado en Pérez, et al., 1998).

La perspectiva constructivista es la primera corriente teórica que busca comprender por qué es complejo aprender conceptos científicos en las aulas educativas dando lugar a cientos de publicaciones académicas que siguen explorando por diversas vertientes teóricas. Este campo de la pedagogía con sus avances en la investigación educativa aporta los primeros resultados de los estudios de tipo cognitivo en los museos y centros de ciencias.

En la literatura se reportan diversos estudios de procesos cognitivos, Falk y Dierking (2000), Hein (1998), Hooper-Greenhill (1998) y Roberts (1997) han estudiado la forma en cómo los visitantes construyen sus experiencias de aprendizaje en el museo a partir del uso del tiempo y del espacio. Estas variables, el tiempo que se le dedica a una exposición y el uso del espacio museístico han sido asociadas con la motivación hacia el aprendizaje.

En este sentido, cuando un visitante pasa muy poco tiempo frente a los equipamientos interactivos, pareciera poco probable que pueda ocurrir un proceso cognitivo, pero no se tiene evidencia documentada de este hecho. Para Shettel (2008), la medición del tiempo de permanencia en una sala de museo es uno de los

mejores indicadores de la eficacia educativa de la exposición, también es un factor importante para lograr una visita significativa y de aprendizaje efectivo. Otros investigadores como Pekarik, et al., (2014), opinan que el tiempo dedicado a una exposición por quienes la visitan, no es suficiente para medir la efectividad total de la experiencia.

Por su parte, para Chang (2006), el tiempo utilizado y los patrones de lectura resultan significativos para evaluar diferentes experiencias y aprendizaje en el museo. En general puede decirse, que hay una especie de consenso en considerar que dado que las experiencias museales son tan personales, es deber de cada museo investigar las necesidades de sus visitantes, porque solo así se podrán tomar decisiones más informadas tanto para la planeación de exhibiciones como para su manejo adecuado. Es así que cuando las exhibiciones reflejan las voces de los visitantes y su contexto personal, es posible que generen aprendizaje.

Los estudios de los procesos cognitivos en los museos y centros de ciencias reportan la utilización de diversas técnicas para la recolección de los datos las cuales provienen de diversos campos de las ciencias sociales.

Pol y Asensio (2014) realizaron una evaluación en el museo de ciencias CosmoCaixa de Barcelona con los siguientes objetivos:

- Conocer si la exposición permanente *Universo* provoca conversaciones de ciencia entre sus visitantes.
- Conocer si la museografía es capaz de explicar leyes físicas, mostrar naturalezas complejas y estimular a los visitantes a hacerse preguntas.

Esta investigación reporta la utilización de diferentes técnicas de recolección de datos, a saber, observación, seguimientos de visitantes, registro de tiempos de permanencia, tarea de clickers (mandos de respuesta), cuestionarios y entrevistas. Se trata de un estudio pre y post test en donde se diseñaron cuestionarios de respuesta cerrada para conocer los contenidos científicos de los participantes antes y después de una visita al museo, es decir, conocer los aprendizajes adquiridos en dos temas del museo, la historia de la materia y la evolución humana. Los resultados reportados fueron un mapeo preciso de la exposición permanente que habla del uso

del espacio y la comparación con los trabajos de Serrell (1998), el tiempo total dedicado a la exposición de 70 minutos, un conocimiento del perfil de sus visitantes, un análisis cualitativo de las opiniones de los visitantes respecto a los contenidos de la exposición, y un incremento en su variable de *aprendibilidad*² en el postest en cuanto al aumento en el número de respuestas correctas que se obtuvieron en los dos itinerarios planteados.

Otra técnica a la que se ha recurrido con asiduidad en la evaluación de tipo cualitativo es el Mapeo de Significado Personal (*Personal Meaning Mapping, PMM*) la cual ha sido utilizada para estudiar los procesos cognitivos en los museos y centros de ciencias. El PMM está basado en un enfoque relativista-constructivista para evaluar el aprendizaje (Sánchez-Mora, 2018), esta técnica se emplea para registrar los cambios en la percepción y conocimiento después de una visita (Villa, 2016). El modo de empleo de esta técnica es la escritura de palabras, ideas, dibujos, oraciones o pensamientos en torno a un palabra clave detonadora, antes y después de la visita.

El PMM es una técnica empleada por John Falk desde 2003 específicamente para acercarse a conocer el aprendizaje en los museos de ciencias, en la cual se identifican los conocimientos y puntos de vista de un individuo sobre un tema en particular previo a que la persona ingrese al museo y después de la visita. Algunos estudios que han utilizado esta técnica son los de Falk, Mousouri y Coulson en el Museo Nacional de Historia Natural del Instituto Smithsonian en Estados Unidos (1998), el de Falla en el Museo Interactivo de Colombia Maloka (2014) y el de Lelliott en el Centro de Ciencias de la Astronomía en Sudáfrica (2009).

Un ejemplo de evaluación de museos de ciencias desde la perspectiva cognitiva en México, se presenta en el estudio llamado *La exposición museográfica como apoyo a la enseñanza de la mecánica cuántica* en donde se evaluó la comprensión de una exposición sobre mecánica cuántica por parte de los docentes de física de bachillerato (Sánchez-Mora, 2006).

² La *aprendibilidad* en este estudio es la capacidad que ofrece el museo para que el visitante incorpore nuevos conocimientos, se evalúa la adquisición de conocimiento conceptual o afectivo (Pol y Asensio, 2014).

En otro estudio denominado *Una metodología para evaluar el aprendizaje informal a partir de exhibiciones de museo* Sánchez-Mora (2007b) implementó la evaluación formativa con el objetivo de conocer qué temas exhibir, la forma óptima de hacerlo y detectar el aprendizaje informal que ocurre en un museo de ciencias en cuanto al tema de evolución por selección natural y para encontrar una mejor forma de divulgar este concepto a diversos visitantes de un museo científico. Los instrumentos de evaluación utilizados para este estudio fueron pruebas piloto, entrevistas, examen de respuestas dobles, maquetación de los módulos expositivos a construir, lectura y conferencia. Dentro de las conclusiones de este estudio se destaca que es posible aplicar algunas metodologías probadas en el ámbito formal para conocer efectos educativos informales de diversos productos de divulgación de la ciencia.

Los estudios de los procesos cognitivos en los museos y centros de ciencias han aportado evidencia acerca de diversas variables involucradas en el aprendizaje, tales como la motivación, la percepción, la actitud hacia la ciencia, la memoria, entre otros. Esta información da cuenta de que la cognición es un posible indicador que se podría evaluar con técnicas directas de tipo cualitativo.

2.5 Estudios de la dimensión afectiva en los museos y centros de ciencias

Mientras que los estudios de seguimientos y de tiempos de permanencia revelan lo que las personas hacen en términos de conducta en estos espacios, otras técnicas, como los cuestionarios o las entrevistas, se utilizan para investigar qué piensan y sienten los visitantes tras la experiencia museística, es decir, acercarse a los aspectos afectivos.

Dada la complejidad del fenómeno afectivo, los estudios actuales en los museos y centros de ciencias pretenden dar cuenta de aspectos específicos de esta dimensión por medio del enfoque cualitativo. En esta dimensión se han asociado diversos aspectos relacionados con el ser humano, se pueden identificar en lo general aspectos asociados con la percepción, la emoción, la motivación, los valores, las actitudes, la experiencia, entre otros. Cada uno de estos conceptos tiene una

amplitud y complejidad por lo tanto resulta necesario acotar hacia dónde se desea dirigir el estudio que pretende dar cuenta del aspecto afectivo.

Los estudios enfocados a la comprensión de la dimensión afectiva cobraron fuerza en los 90s sobre todo mediante metodologías cualitativas con aportes importantes en cuanto a la motivación y las actitudes. Diversos autores han resaltado la importancia de conocer qué sucede a nivel afectivo en los visitantes y expresan que esta dimensión es el impulso de los procesos cognitivos en cualquier situación educativa. Uno de los más representativos en la investigación en museos y centros de ciencias es John Falk quien afirma que los museos de ciencias son instituciones importantes para el aprendizaje en los dominios de tipo afectivo y cognitivo (Falk, et al., 1986 citado en Pérez, et al., 1998).

Pérez, et al., (1998) señalan que los centros de ciencias tienen mayor influencia en la dimensión afectiva dado que comprenden el desarrollo del interés, la motivación, el deseo de aprender, la creatividad, la apertura hacia los otros y hacia el ambiente. Si se analiza este señalamiento los conceptos asociados con esta dimensión son muy amplios y en diversas direcciones, pero resulta relevante que las autoras hacen énfasis en que la experiencia en un museo o centro de ciencias influye en los aspectos afectivos.

La investigación de Stevenson (1991 citado en Pérez, et al., 1998) mediante entrevistas después de seis meses de una visita al *Launch Pad*, simulador de realidad virtual del Museo de ciencias de Londres, destaca que las experiencias en un centro de ciencias son estables, muy interactivas, generan interés y entusiasmo; los visitantes expresan que su postura ante la ciencia y la tecnología es más positiva, es decir, se destaca la información vinculada con la dimensión afectiva. Asimismo se enfatizan los factores como la retroalimentación *feed - back* tras la realización con éxito de una experiencia interactiva en un museo de ciencias (Tulley y Lucas, 1991 citado en Pérez, et al., 1998), además de la diversión y el disfrute asociados con la experiencia en estos ambientes educativos informales.

Por su parte, Pol y Asensio (2014), investigadores de España, sostienen que la evaluación de los conocimientos que se construyen en los museos y centros de

ciencias se entiende como el resultado final, es decir, encontrar si se han conseguido los objetivos de adquirir algún tipo de conocimiento ya sea de tipo conceptual o de tipo afectivo, aunque sus estudios no han reportado datos respecto a los hallazgos contundentes.

La dimensión afectiva ha sido también estudiada por Meredith, Fortner y Mullins (1997) en una investigación en donde proponen un modelo del aprendizaje afectivo, el cual ilustra una secuencia de eventos que ocurren en la respuesta afectiva de una persona hacia los estímulos educativos presentados en los centros educativos no formales (como ellos los denominan) tales como los museos y centros de ciencias, además identifican los factores que pueden influir en las respuestas individuales dentro de esta secuencia. Este modelo, con validez de contenido por criterio de jueces, se propone como un marco conceptual para describir la respuesta afectiva en la educación no formal (que hoy denominamos informal) en ciencia.

También, se reportan estudios de la dimensión afectiva de la visita a estos espacios estrechamente ligados a la motivación que lleva al visitante a buscar una experiencia extraordinaria en su paso por el museo. Packer (2006), sugiere una posible liga entre el aprendizaje y la diversión, lo que a su vez juega un poderoso papel en los procesos de memoria y en la aplicación del aprendizaje en contextos novedosos.

En estos estudios se han implementado técnicas cualitativas una vez que se define qué orientación de la dimensión afectiva se analizará en la investigación. En la revisión de la literatura se ha encontrado que las técnicas utilizadas con mayor frecuencia son las entrevistas semiestructuradas o bien a profundidad, para conocer lo que los visitantes se llevan en términos de aprendizaje informal o bien para conocer cuáles son los resultados de aprendizaje que ellos consideran dado que los visitantes cuentan con diversas formas de expresarse. Se ha observado un vínculo relevante entre las respuestas de los visitantes y los objetivos de la exposición, es por ello que cuando estas se corresponden entre sí (o no se contraponen), puede decirse que la exposición es exitosa en términos de comunicación (Bitgood, 2006).

Además de las técnicas de entrevista para conocer las impresiones y las emociones generadas por las exposiciones, se cuenta con instrumentos específicos de registro

y análisis (Falk y Gillespie, 2009), derivadas de la investigación cualitativa tales como la observación participante, la etnografía, los grupos de enfoque, la investigación-acción, entre otros.

En los resultados de los estudios se ha encontrado que cuando la retroalimentación de las personas que visitan estos espacios a partir de entrevistas es demasiado general, o no se refiere específicamente a los elementos o componentes de la exposición, se considera que hay poca evidencia de que la exposición haya cumplido su propósito y es muy probable que no esté correspondiendo a las motivaciones de los visitantes (Serrell, 1998).

Entonces, el análisis de la dimensión afectiva resulta de gran importancia para la labor museística dado que aporta datos con respecto a la afectividad con la que los visitantes perciben los museos y centros de ciencias. La dimensión afectiva incluye desde la reacción del visitante hacia lo que se exhibe (les gusta, no les gusta, qué les gusta y qué no), su idea de cómo se hace la ciencia o sus impresiones sobre la ciencia (su importancia) hasta si la exposición produce un cambio de actitudes, hábitos, si genera ciertos sentimientos o sensibilización hacia un problema. En esta investigación, se ha acotado que la dimensión afectiva sea la vinculada con las emociones básicas del ser humano, considerando que todas las facetas de esta dimensión son importantes pero que resulta de gran complejidad estudiar a detalle cada una de ellas.

2.6 La evaluación en los museos y centros de ciencias

La evaluación es una actividad vinculada con conocer los aspectos específicos que rodean determinado fenómeno. Esta actividad es un tema crítico en los procesos de los museos y centros de ciencias, la cual se realiza con la finalidad de obtener información rigurosa y objetiva de un producto, servicio, actividad, hecho, etc., que le pueda servir a la persona, grupo, equipo o institución para dirigir sus esfuerzos hacia la mejora constante.

En cada etapa del proceso del desarrollo de un proyecto se pueden evaluar diversos aspectos del mismo para lo cual existen diferentes estrategias e instrumentos. El

propósito de la evaluación en cada etapa es proporcionar elementos para la toma de decisiones así, la evaluación tiene como objetivo principal la toma de decisión sobre la praxis, en concreto lo que se podría denominar como la acción transformadora de la realidad. A partir de ese análisis dialógico permanente, la evaluación analiza la realidad, valora las opciones de transformación o necesidad de mejora y toma decisiones de continuidad o cambios estratégicos. Sin la toma de decisión no hay proceso evaluador puesto que quedaría mutilado de forma significativa (Viché, 2009).

La evaluación se ha mostrado como una necesidad desde la publicación de las primeras investigaciones de Screven (1976 citado en Sánchez-Mora, 2018), en donde se da importancia a la evaluación formativa. Es así como comprender este ambiente educativo informal ha estado presente en la investigación educativa en específico para conocer si están cumpliendo sus funciones y cómo se visualiza su existencia a futuro.

De acuerdo con Sánchez-Mora (2016) los estudios más comunes de evaluación tienen un carácter exploratorio e intentan analizar ante todo las actitudes generales que muestra el público frente a los temas exhibidos, entre las que pueden citarse el interés por acercarse a ciertos equipamientos interactivos, su permanencia frente a ellos, las rutas seguidas dentro de la exhibición, las conversaciones generadas en grupos de visitantes resultado de las acciones llevadas a cabo por estos frente a los módulos de exhibición, etc. En las exposiciones ya finalizadas, la evaluación se ha enfocado en determinar la forma en que estas comunican ideas, textos e imágenes relacionadas con la ciencia (Koran y Ellis, 1991).

A partir de la revisión de la literatura se ha observado que la evaluación es un proceso que se ha implementado para obtener información acerca de diversos aspectos involucrados en los museos y centros de ciencias, tales como:

- a) Las características de las personas que asisten a los museos y centros de ciencias como su información demográfica, socioeconómica, geográfica, psicográfica hasta conocer el impacto de una exposición, sus opiniones sobre las actividades y programas así como de las conductas que adoptan durante una visita (roles, interacción).

- b) Sobre el ambiente de educación informal se busca obtener información en torno al diseño, los recorridos, las actividades, los programas, las colecciones en exhibición, los mediadores, etc.
- c) Acerca de la información general de los museos y centros de ciencias se busca obtener datos sobre los servicios generales, atención al cliente, costos, ingresos, egresos.

En la literatura especializada en museos y centros de ciencias se han documentado diversas tipologías de evaluación, entre las cuales se pueden señalar las siguientes:

1. Evaluación centrada en los objetivos propuestos por los organizadores (Screven, 1990; Shettel, 2008), la cual cuenta con diferentes etapas: previa, formativa, sumativa y correctiva. El modelo de Screven de 1990 ha generado numerosos trabajos que prueban técnicas diversas para registrar datos en las evaluaciones previa, formativa, sumativa y remedial de las exposiciones interactivas en ámbitos de educación informal.
2. Evaluación de tipo naturalista. Es aquella que evoluciona de acuerdo con las respuestas obtenidas y las necesidades del museo, se enfoca en obtener información del visitante respecto a sus intereses y su entorno, es decir, la experiencia global de la visita a un museo (Wolf, 1980 citado Castellanos, 2008).
3. Evaluación funcional. Está enfocada en tomar en cuenta las necesidades de información expresadas por aquellos a los que el estudio está destinado, asimismo adapta las técnicas utilizadas a cada caso en particular, es una evaluación diversa y variable (Castellanos, 2008).
4. Modelo tridimensional: es un modelo propuesto por Loomis en 1993 (citado en Castellanos, 2008 y en Sánchez-Mora, 2008) que está basado en las etapas de evaluación propuestas por Screven en 1990, sin embargo se enfoca en tres dimensiones: implicación del visitante (características demográficas y psicológicas), proceso de la visita (aspectos físicos, ambientales y sociales) y resultados (se asocian con la evaluación de la planeación).

5. Teoría de los filtros. Propuesta por Paulette McManus (1991 citado en Castellanos 2008) se centra en cinco tipos de filtros por los cuales deberá pasar el público hasta llegar al mensaje principal de la exposición, los cuales son:
 - a. Del público: características demográficas y sociales.
 - b. Físico y motivacional: se refiere al ambiente museográfico y su impacto en el interés del visitante.
 - c. Contexto social de la visita: características específicas del visitante con relación al modo en el que asiste al museo (solo, con familia, con amigos, etc.).
 - d. Perceptual: se refiere a la percepción del visitante hacia los componentes físicos de la exposición.
 - e. Forma del mensaje expositivo: hace referencia a la interacción del visitante con el mensaje de la exposición.

Otra tipología reconocida en los estudios en museos y centros de ciencias en México es la propuesta por Sánchez-Mora (2008) la cual se basa en cada etapa del proceso de conceptualización y construcción de una exposición científica en la cual se proponen los siguientes rubros:

1. El *contexto* para detectar las necesidades previas.
2. La *planeación* para mantener la congruencia de los objetivos de la exposición con la misión y la visión del museo.
3. Los *procesos de la exposición* para identificar características sociodemográficas del visitante, variables de la visita, opiniones acerca de la exposición, aspectos de comprensión y recuerdo de los mensajes exhibidos.
4. Los *resultados* para identificar los aspectos previstos y los indirectos o no esperados.
5. Los *participantes en la experiencia museística* para conocer la opinión del receptor de la exposición.

6. La *eficiencia* para determinar si los costos inciden en índices económicos costeables para el museo.

En la presente investigación se toma como definición de evaluación la propuesta de Ruiz (1998) que nos dice que es “un proceso de análisis estructurado y reflexivo, que permite comprender la naturaleza del objeto de estudio y emitir juicios de valor sobre el mismo, proporcionando información para ayudar a mejorar y ajustar la acción educativa” (Ruiz, 1998, p. 18).

2.7. Evaluación del aprendizaje informal en museos y centros de ciencias

Una vez que se ha descrito que la evaluación es un proceso necesario para conocer y comprender lo que sucede en un ambiente educativo informal, surge el cuestionamiento del aprendizaje que se construye en estos espacios, este concepto será definido y tratado a fondo en el siguiente capítulo, dado que ha llevado años de investigación dar respuesta a lo que se conoce del aprendizaje humano.

Sánchez-Mora (2008) expresa que las ofertas educativas informales son una opción para motivar a las personas que por diversas razones están alejadas de la educación formal. Dada esta importancia, se ha intentado evaluar el impacto de estos ambientes educativos informales en el aprendizaje del visitante, sin embargo, los resultados obtenidos han sido de abordajes generales y estadísticos además de planteados desde un modelo de déficit, es decir, sobre lo que el visitante conoce o ignora.

En la década de los 90s se comenzó a documentar la evaluación del aprendizaje en los museos y centros de ciencias y se empezaron a perfeccionar innovando en técnicas y diseño de instrumentos para recolectar datos. Minda Borun es una de las principales investigadoras en este tema desde 1977 quien realizó sus estudios en el *Franklin Institute Science Museum and Planetarium* de Filadelfia en Estados Unidos, también se reconocen cabalmente los trabajos de Falk y Dierking (2000) como los que han aportado datos acerca de la influencia de los contextos físico, social y personal en el aprendizaje informal en los museos.

Estos autores en su libro *Learning from museums* hacen referencia a lo complicado que resulta documentar el aprendizaje en los museos y centros de ciencias “The people learn in museums is easy to state, harder to prove” (Falk y Dierking, 2000, p. 149). Proponen el modelo contextual de aprendizaje (*Contextual Model Learning*) como una forma de aproximarse a lo que se aprende, el cual es una propuesta para obtener una “imagen holística del aprendizaje y acomodar la infinidad de detalles que dan riqueza y autenticidad al proceso de aprendizaje” (Falk y Dierking, 2000, p. 136, traducción propia).

Existen muchas críticas en torno a la evaluación del aprendizaje en los museos, sobre todo porque se han utilizado metodologías cuantitativas tradicionales extraídas de la educación formal para medir la cantidad de conocimientos adquiridos al finalizar la visita, relacionando el proceso sólo con la capacidad memorística de un visitante.

Para la evaluación del aprendizaje informal como se expresó en el párrafo anterior, en primer lugar, se optó por emplear la metodología cuantitativa en la cual se plantea un problema de donde se deriva la hipótesis nula y la alterna, se recolectan datos numéricos de muestras representativas que son analizados con procedimientos estadísticos en busca de regularidades y relaciones causales entre los elementos (Kerlinger, 1999).

En segundo lugar, se incorpora la metodología cualitativa la cual busca conocer e interpretar los fenómenos para recuperar la perspectiva de las personas, esta permite “analizar casos concretos en su particularidad temporal y local, y a partir de las expresiones y actividades de las personas en sus contextos locales” (Flick, 2007, p. 27), así se toman en cuenta los estudios etnográficos, los enfoques narrativos, los grupos de enfoque, la investigación-acción, entre otros (Pastor Homs, 2004). Es así como comienza el interés en investigar la opinión del público acerca de los museos, la actitud con que llegan al ambiente educativo informal, el significado y el valor que le atribuyen a los objetos expuestos y a las actividades que realizan cuando están dentro (Hooper-Greenhill, 1998). A través de entrevistas con enfoque cualitativo se ha mostrado que el aprendizaje construido en estos ambientes es de carácter

personal, provisional, idiosincrático, que depende del contexto y por lo tanto es difícil de documentar (Sánchez-Mora, 2008).

Griffin, Kelly, Savage y Hatherly, (2005) publican un artículo que da cuenta de la necesidad de evaluar los resultados del aprendizaje que se construye en estos ambientes educativos informales, el cual fue denominado proyecto MARVEL (*Museums Actively Researching Visitor Experiences and Learning*).

MARVEL surge del interés por mostrar los diferentes resultados del aprendizaje que pueden presentarse en las visitas a los museos y centros de ciencias y basa sus técnicas de recolección de datos en la comprensión de que el aprendizaje:

- Implica una acción (mental y/o física) que se vincula con un grado de elección y apropiación de la actividad
- Se estimula cuando se encuentran nuevas experiencias o fenómenos
- Ocurre cuando las ideas nuevas y existentes pueden vincularse o cuando las nuevas ideas llenan un vacío
- Implica el despertar la curiosidad
- Es apoyado por la interacción social
- Está invariablemente vinculado con el disfrute
- Involucra un compromiso de tipo emocional

Griffin et al., (2005) expresan que se requiere la utilización de diversas técnicas para recolección de datos así como ponderar las que arrojan mayor información y sean de fácil comprensión y aplicación para cada museo o centro de ciencias.

En síntesis, se han hecho aproximaciones hacia la evaluación del aprendizaje en estos ambientes educativos informales, sin embargo, aún hay aristas por comprender en cuanto al proceso cognitivo, pareciera que en algunos estudios se trivializa el concepto y se asume que al emplearlo como variable global en una investigación brindará la información esperada.



Capítulo III. Marco teórico analítico

3.1 Perspectivas teóricas: del constructivismo a la neurobiología del aprendizaje humano

Este capítulo brinda una mirada acerca de cómo se han aproximado los estudiosos del aprendizaje hacia la comprensión de este proceso de construcción personal. Durante el desarrollo de esta investigación se planteaba la posibilidad de cerrar este capítulo en la visión del constructivismo, sin embargo, las investigaciones en torno al tema han avanzado hasta dar lugar a nuevos enfoques que explican este interesante proceso del ser humano las cuales se retomarán a modo de contexto.

El estudio del aprendizaje humano ha tomado décadas de implementación de metodología cuantitativa y cualitativa para dar respuesta a lo que se considera que sucede cuando un individuo aprende, todos estos estudios asumen la complejidad de este proceso y como se verá a lo largo del capítulo los aportes teóricos han brindado importantes rutas para su comprensión aunque sigue en construcción. El punto de partida es comprender cómo aprenden las personas, qué es lo que se menciona en la literatura respecto a cómo se ha estudiado este proceso y específicamente acercarse hacia la comprensión de cómo se aprende en un ambiente educativo informal.

3.2 Teorías del aprendizaje: del constructivismo a la neurobiología

Desde hace varias décadas, unas de las principales preocupaciones de pedagogos, psicólogos educativos y neurocientíficos ha sido la comprensión por comprender cómo se da el proceso del aprendizaje. Desentrañar lo que hay detrás de todo aprendizaje, comprender cómo se logra, cómo se recupera y cómo se reconstruye ha generado muchas preguntas de investigación y sobre todo ha llevado a plantear diversas teorías que son hasta ahora la mejor explicación posible de lo que sucede durante este proceso cognitivo humano.

Las teorías del aprendizaje se han centrado en el proceso de adquisición de significados de los entornos por lo que se han documentado en cuatro grandes enfoques: el asociacionista, el estructuralista, el integracionista y el neurobiológico.

La perspectiva asociacionista hace referencia a aquellas aportaciones teóricas que permiten dar una explicación acerca de la adquisición de conceptos artificiales (teorías conductistas clásicas), categorías naturales (teorías probabilísticas de los conceptos) y las perspectivas del procesamiento de información (teorías computacionales), según este enfoque el conocimiento se alcanza mediante la asociación de ideas según los principios de semejanza, contigüidad espacial y temporal y por la causalidad (Pozo, 1997). Desde este punto de vista, se pone particular atención en el aprendizaje de conceptos, como la unidad básica de significados (Pozo, 1997), la cual ha sido objeto de estudio de diversos investigadores. Bruner, Goodnow y Austin (1956 citados en Pozo, 1997) son los representantes del asociacionismo quienes definieron que los conceptos sirven para reducir la complejidad del entorno, identificar los objetos, reducir la necesidad de un aprendizaje constante, proporcionar una dirección a la actividad instrumental, así como, ordenar y relacionar clases de hechos (Pozo, 1997).

Años después de explicar la conducta humana como conexiones entre estímulos y respuestas que dan lugar al comportamiento (Watson, 1913), en donde toda conducta, por compleja que sea, es reducible a una serie de asociaciones entre elementos simples, en este caso, estímulos y respuestas (Pozo, 1997), surge como reacción al conductismo una corriente psicológica denominada cognitiva o cognoscitiva en 1956 (Pozo, 1997; 2014) la cual da paso al análisis de diversos procesos cognitivos tales como la resolución de problemas, el razonamiento, la percepción, la toma de decisiones, etc.

Con esta perspectiva cognoscitiva de enfoque estructuralista surgen las propuestas de Jean Piaget, su principal representante, en donde de acuerdo con Rivière (1987) “la psicología cognitiva se refiere a la explicación de la conducta en entidades mentales, a estados, procesos y disposiciones de naturaleza mental, para los que reclama un nivel de discurso propio” (Rivière, 1987 citado en Pozo, 1997, p. 21).

Mientras que en el asociacionismo se parte de las unidades mínimas, considerando que una totalidad puede descomponerse en sus partes, el enfoque cognitivo estructuralista parte de unidades más molares, en las que el todo no es simplemente la suma de sus partes componentes (Pozo, 1997).

Pozo (1997) menciona que “al admitir que los conceptos no son simples listas acumuladas de rasgos, sino que forman parte de teorías o estructuras más amplias, el aprendizaje de conceptos sería ante todo, el proceso por el que cambian esas estructuras. Por tanto, el proceso fundamental del aprendizaje sería la reestructuración de las teorías de la que forman parte los conceptos. Dado que las teorías o estructuras de conocimiento pueden diferir entre sí en su organización interna, la reestructuración es un proceso de cambio cualitativo y no meramente cuantitativo” (Pozo, 1997, p. 142).

Dentro de este enfoque se encuentran diversas teorías del aprendizaje, entre las que destacan la exposición de las concepciones sobre el aprendizaje en la psicología de la Gestalt (1945-1985), la teoría de la equilibración de Piaget (1959-1985), el aprendizaje de conceptos de Vygotskii (1926-1934) y el aprendizaje asimilativo de Ausubel (1973-1984).

A mediados de los 80s y considerando estos dos enfoques mencionados surge una corriente que busca integrar el fundamento de las teorías asociacionistas de los cambios continuos, medibles y cuantificables con las teorías estructuralistas que se ocupan de los cambios en la organización de las estructuras cognitivas del individuo, es decir integrar tanto cambios cuantitativos como los cambios cualitativos del proceso cognitivo.

Este enfoque adopta el nombre de integracionista y la forma de aproximarse a su comprensión se ha basado en estudios de comparación entre expertos y novatos en alguna disciplina específica (Larkin, 1983 citado en Pozo, 1997) reportando que todas las diferencias entre estos individuos han sido interpretadas como un proceso de automatización de los conocimientos del que se denomina experto “...se caracterizaría por haber compilado o agrupado su conocimiento en secuencias de acción automáticas que no precisan de esfuerzo atencional para su ejecución” (Pozo, 1997, p. 196).

En este enfoque integracionista destacan las perspectivas de reestructuración débil y fuerte de Carey (1985), los modelos de cambio conceptual en la instrucción (Chi, 2000; Osborne y Freyberg, 1998; Strike y Posner, 1985) y las representaciones cognitivas (diSessa, 2004).

Los tres enfoques anteriores pertenecen a la psicología cognitiva, de la psicología fisiológica surge el enfoque neurobiológico para el cual el aprendizaje es un proceso biológico e inevitable por medio del cual los individuos deben aprender para conocer su ambiente y operar eficazmente en él a través de predicciones (Lavados, 2012). Para este enfoque en el aprendizaje intervienen, además del cerebro, otros sistemas biológicos que integran el cuerpo humano tales como el sistema inmunológico, el sistema muscular, el sistema cardiovascular, el sistema respiratorio, etc. Para Lavados (2012) en este proceso intervienen "modificaciones anátomo-funcionales inducidas 'por' y 'para' relacionarse mejor con el medio, tanto para evitar daños como para aprovechar ventajas" (Lavados, 2012, p. 23). Entre los sistemas capaces de modificarse están el sistema inmunológico, el sistema muscular, el sistema cardiovascular, el respiratorio y algunos otros.

En este último enfoque, las primeras investigaciones dirigidas hacia comprender los procesos cerebrales surgen con base en la neuropsicología clínica y la neurofisiología en donde las hipótesis explicativas surgen del estudio de pacientes que presentan síntomas o signos clínicos derivados de algún tipo de daño cerebral, así como del estudio de señales electromagnéticas. Esta información aporta los contextos teóricos en los que se ha estudiado el aprendizaje humano que para los fines de esta investigación conducen a tener un amplio panorama de cómo ha ido cambiando su comprensión.

3.3 El concepto de aprendizaje humano

Como se mencionó en la sección anterior, el aprendizaje humano es un proceso cognitivo que ha sido objeto de estudio desde diversas áreas disciplinares, tales como la pedagogía, la psicología, las ciencias de la educación, la sociología, la neurociencia, etc.

Para la visión pedagógica, que es el eje rector de esta investigación, el aprendizaje está definido desde los tiempos de Comenio (1592-1671 citado en Compayré, 1902) como una facultad de orden natural como la memoria, los sentidos y la imaginación de la cual se favorecen los procesos de instrucción en un contexto de educación.

Desde el punto de vista psicológico, el aprendizaje es un proceso por el cual “la conducta varía y se modifica a lo largo del tiempo adaptándose a los cambios que se producen en el entorno... es un mecanismo fundamental de adaptación al medio ambiente” (Aguado-Aguilar, 2001, p. 373), esta adaptación está mediada por procesos perceptivos, cognitivos y de organización motora. El aprendizaje como tal no puede ser observado, es inferido a partir de los cambios en el comportamiento de las personas, es por ello que la conducta “es la base empírica en la que se sustentan todas las teorías del aprendizaje” (Aguado-Aguilar, 2001, p. 374).

Para los neurocientíficos el aprendizaje se refiere a un cambio en el comportamiento que resulta de adquirir conocimiento acerca del entorno en donde se desenvuelve la persona y la memoria es el proceso mediante el cual ese conocimiento se codifica, se almacena y luego se recupera. El aprendizaje y la memoria son esenciales para el funcionamiento y la supervivencia de las personas y los animales (Kandel, et al., 2013). A nivel fisiológico, en este proceso intervienen tres áreas de asociación (prefrontal, parietal-temporal-occipital y límbica) las cuales están relacionadas con el comportamiento cognitivo: hablar, pensar, sentir, percibir, planificar, aprender, recordar y realizar movimientos hábiles.

De acuerdo con Mora (2019) el aprendizaje es un proceso que viene programado genéticamente en el cerebro de todos los organismos, es la base de la supervivencia del individuo y de la especie, como las necesidades básicas de alimentación y reproducción. Este proceso está vinculado con la memoria que a nivel cerebral se trata de asociaciones de eventos que inciden en las redes de conexión de las neuronas las cuales se extienden a lo largo de diversas áreas cerebrales. Para este autor el aprendizaje comienza desde el momento del nacimiento a través de mecanismos básicos llamados imitación, atención compartida y empatía.

“El cerebro es modificable a lo largo de casi todo su arco vital. El cerebro cambia en su conformación anatómica, bioquímica y fisiológica, lo que influye en la conducta, en el pensamiento y en el sentimiento del poseedor de ese cerebro. Esos cambios son el resultado de lo que se aprende y memoriza a lo largo de toda una vida. Sin duda esos procesos son más eficientes en las primeras edades. La esencia y la eficiencia del aprendizaje y de la memoria que modifica el cerebro reside en esa energía cerebral que llamamos emoción” (Mora, 2019).

Entonces el concepto de aprendizaje depende de los paradigmas, la ontología y la epistemología seguida por el investigador que lo argumenta en sus estudios (Anderson y Ellenbogen, 2012), así este proceso cognitivo se ha documentado desde la perspectiva de la similitud con los animales hasta ya mirar de frente el proceso con individuos, como señala Pozo (2014) la comprensión del aprendizaje humano ha ido de lo conductual a lo cognitivo, sin dejar de lado lo que la neurociencia ha aportado desde su entendimiento de las funciones del cerebro que dicho sea de paso se ha estudiado también en animales y más recientemente en seres humanos mediante técnicas con electrodos.

3.4 El aprendizaje informal

De acuerdo con Scolari (2018) el concepto de aprendizaje informal no es nuevo, fue introducido por Knowles en 1950 en su libro *Informal Adult Education* basado en su tesis doctoral en la cual al centrarse en la noción de educación informal, señaló el "clima amistoso e informal" en muchas situaciones de aprendizaje de los adultos, la flexibilidad del proceso, el uso de la experiencia, el entusiasmo y el compromiso de los participantes.

Knowles (1950 citado en Smith, 2002) no definió la educación informal de adultos, sino que utilizó el término para referirse a la participación en programas informales y al aprendizaje obtenido por asociación con diversos aspectos de la vida en sociedad. El investigador hace referencia a que un curso organizado (programa formal) suele ser un mejor instrumento para "un nuevo aprendizaje de naturaleza intensiva, mientras que una experiencia en un club (programa informal) brinda la mejor oportunidad para practicar y perfeccionar las cosas aprendidas" (Knowles

1950, p. 125, citado en Smith, 2002). Este autor se enfocó en destacar los beneficios de los programas informales en este sector de la población el cual se encuentra alejado de los programas formales a partir de que deja la educación formal.

El término aprendizaje informal que se emplea en la presente investigación se basa en la denominación internacional que hace el *National Science Council US* (NSC, 2009). Los expertos en educación en ciencias propusieron un marco de referencia del "aprendizaje de ciencias" que articula las características específicas del aprendizaje de la ciencia en los entornos informales. Este marco de referencia está desglosado en seis líneas (*strands*) que cubren aspectos cognitivos, conceptuales y la naturaleza afectiva de la participación en situaciones informales relacionadas con las ciencias, es decir, "describen lo que los participantes hacen cognitiva, social, evolutiva y emocionalmente en estos entornos" (NSC, 2009, p. 4 traducción propia). En este sentido, los investigadores describen lo que identificaron en los aprendices de ciencias mediante las siguientes líneas (NSC, 2009, p. 4 traducción propia):

1. Viven experiencias interesantes, involucradoras y estimulantes, se ven motivados a adquirir nuevos conocimientos sobre los fenómenos del mundo físico y natural.
2. Son capaces de producir, entender, recordar y usar nociones, explicaciones, argumentos, modelos y hechos relacionados con la ciencia.
3. Pueden manipular, probar, explorar, predecir, observar y dar sentido al mundo físico y natural.
4. Tienen la capacidad de reflexionar sobre la ciencia como una forma de aprender, y sobre sus procesos, conceptos e instituciones; además reflexionan sobre su propio proceso de aprendizaje.
5. Participan en actividades científicas y prácticas de aprendizaje con otras personas, usando terminología científica e instrumentos específicos.
6. Se ven a sí mismos como aprendices de ciencia, lo que les construye una identidad como personas que saben, usan y a veces contribuyen a la producción de conocimiento científico.

También se retoma la definición de Falk, Dierking y Foutz (2007), expertos en la investigación del aprendizaje en los museos y centros ciencias quienes definen el

aprendizaje informal como la modalidad de aprendizaje de la ciencia que es personal, contextual y que toma tiempo. Además de la definición planteada por Sánchez-Mora (2018) que menciona que el aprendizaje informal es el proceso de construcción de conocimiento personal, idiosincrásico, acumulativo, contextual y al paso de cada quién. Con estos tres ejes se puede delimitar que en el aprendizaje informal se tendrían que identificar aspectos que indiquen que hay un cambio en el individuo y que este puede ser de naturaleza cognitiva, conductual y/o afectiva.

3.5 El aprendizaje informal en los programas y situaciones didácticas

En la visión de Asenjo, Asensio y Rodríguez-Moneo (2012) el aprendizaje informal está estrechamente vinculado con otros procesos psicológicos básicos, a saber, la motivación y la emoción. Dentro de las características que mencionan estos autores, cabe señalar que el aprendiz dirige su propio proceso de aprendizaje, aunque en ocasiones pueda estar guiado por otros, es relevante la sensación de control en el proceso la cual está relacionada con la motivación intrínseca y la emoción, en específico en el aumento del nivel de confianza del aprendiz.

De acuerdo con Asenjo, et al., (2012) en los programas de educación informal “se plantea una metodología de indagación e investigación que implica un mayor énfasis en la búsqueda, construcción y discusión del conocimiento, esto obliga a primar los contenidos procedimentales y actitudinales” (Asensio, 1994; Asensio y Pol, 1999, 2001 y 2008 citados en Asenjo, et al., 2012, p. 43)

El análisis de estos autores está enfocado en los programas de educación informal y resaltan la importancia de los siguientes elementos que potencian la motivación intrínseca por aprender (Asenjo, et al., 2012, p. 45):

- Que sea de libre elección.
- Que exista la disposición hacia iniciar el proceso de enseñanza-aprendizaje a partir de los intereses y conocimientos previos de los individuos.
- Que esté presente la intención de dotar de contenidos de funcionalidad y sentido para el aprendiz.

- Contextualizar la nueva información en situaciones socialmente significativas.
- Lo contenidos se ajustan al nivel de habilidad del aprendiz y este tiene la percepción de que es efectivo, lo controla y posee capacidad de elección.
- La implementación de una evaluación formativa, que no presenta componentes que puedan ser interpretados como un castigo por parte del aprendiz.

Por otro lado, las situaciones de aprendizaje informal suelen comenzar con un estímulo motivador “gancho” (Csíkszentmihályi y Hermanson, 1995 citados en Asenjo, et al., 2012) o “componente motivacional” (Aparicio, 1992 citado en Asenjo, et al., 2012). Este gancho “consiste en la ruptura de las expectativas de los participantes, la presentación de anécdotas, la alusión a algún problema presente en la vida cotidiana, o la presentación de algunas situaciones divertidas y/o sorprendentes” (Asenjo, et al., 2012, p. 46).

Dentro de las perspectivas teóricas constructivistas son los modelos de cambio conceptual quienes empezaron a considerar la influencia de los aspectos emocionales en los procesos de aprendizaje humano (Rodríguez-Moneo, 1999, Rodríguez-Moneo y Huertas, 2000 citados en Asenjo, et al., 2012). Se menciona que cuando un contenido genera una emoción negativa se puede afectar el proceso cognitivo y la probabilidad de asimilación es baja “los estudiantes rechazan de entrada ciertos conocimientos por su carga emocional, mientras que otros son perfectos para sostener su atención durante horas y resultan más fáciles de aprender” (Asenjo, et al., 2012, p. 46). Este aspecto emocional ha sido de poco interés en la educación formal, sin embargo, en la educación informal es relevante para el diseño de situaciones de aprendizaje innovadoras y efectivas (Asensio y Pol, 2001, citado en Asenjo, et al., 2012)

En los programas informales los participantes deben implicarse cognitivamente y motivacionalmente para llevar a cabo la situación didáctica. Los autores expresan que el aprendizaje informal es un proceso doblemente motivado por un lado por la motivación intrínseca del aprendiz y por otro porque es un proceso generado

mediante “un programa de enseñanza que sirve de guía al individuo” (Asenjo, et al., 2012, p.12) y es esta característica la que marca la esencia de este proceso.

Se ha documentado la motivación intrínseca como una necesidad psicológica básica del ser humano que está estrechamente relacionada con la curiosidad de explorar, la de causación personal (necesidad de ser causante o responsable de las acciones) y la efectividad (Deci y Ryan, 1985, 1991; Deci y Moller, 2005 citados en Asenjo, et al., 2012). Los investigadores mencionan que cuando se satisfacen estas necesidades surge “la auto-determinación y la auto-eficacia que proporcionan una sensación de control asociada a la motivación intrínseca” (Asenjo, et al., 2012, p. 47).

Esta sensación de control está vinculada con el alto involucramiento entre el individuo y aquellas tareas o actividades que son elegidas de acuerdo con el interés, el nivel de dificultad y la motivación. De esta última surge lo que Csíkszentmihályi (1997) denominó “flow”, que hace referencia a un estado de retroalimentación positiva mientras se está realizando una actividad el cual “contribuye a que el individuo disfrute, no tenga sensación del paso del tiempo, ni de cansancio y desee seguir explorando y buscando nuevos retos en el ámbito de la actividad” (Asenjo, et al., 2012, p.12).

Respecto al aprendizaje informal, Asenjo, et al., (2012) proponen una concepción holística que toma en cuenta diversas variables como activar el conocimiento previo, aspectos motivacionales (en específico la de tipo intrínseco), aspectos emocionales, participación activa y la toma de conciencia.

3.6 Aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias

El tema del aprendizaje en los museos y centros de ciencias ha sido un foco de atención desde que se crearon estos espacios, se han invertido horas de investigación para crear estrategias que faciliten el aprendizaje en las personas que gustan de estos lugares. Asimismo, el interés por evaluar estos cambios cognitivos ha sido relevante, Griffin, et al., (2005) hacen énfasis en la necesidad de buscar una forma efectiva, significativa y económica de medir el aprendizaje.

Depende de los documentos que se revisen, se mencionan diferentes referencias respecto al inicio de la investigación sobre el aprendizaje en los museos y centros de ciencias, sin embargo, existe coincidencia en cuanto a que da inicio en los años 70s, al menos unos 10 años después de que comienzan los estudios del aprendizaje de las ciencias en contextos formales.

El concepto de aprendizaje aplicado a estos ambientes ha dado diversos giros según lo demuestra la literatura revisada, así se pueden encontrar referencias que se enfoquen en lo que se denomina aprendizaje situado, es decir, ver al proceso como una adaptación que involucra al aprendiz, al entorno físico y el sociocultural que habita. El Modelo Contextual de Aprendizaje propuesto por Falk y Dierking (2000) basa sus fundamentos en esta aproximación.

Pérez, et al., (1998, p. 163) resaltan del proceso de aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias las características ser espontáneo, individualizado, que no puede ser impuesto, ya que cada individuo llega con un bagaje de conocimientos, experiencias e intereses muy diferentes.

Otra definición que se presenta a menudo es la del aprendizaje de libre elección *free-choice learning* como un eje rector para comprender el aprendizaje en ambientes fuera de la escuela, Falk, Heimlich y Foutz (2009) lo describen como “el aprendizaje que ocurre en entornos de educación ambiental el cual está en gran medida bajo la elección y el control del aprendiz” (Falk, Heimlich y Foutz, 2009, p. 5, traducción propia), así como la perspectiva de Alderoqui-Pinus y Pozo (2013) quienes se refieren a “ciertos aprendizajes que el visitante de los museos de ciencia no pretende”.

Hoy en día, en los ambientes de educación informal como los museos y centros de ciencias se ha optado por el concepto de aprendizaje informal con base en la denominación que hace el *National Science Council US* (NSC, 2009), la definición de los estudios de Falk, Dierking y Foutz (2007), quienes lo mencionan como la modalidad de aprendizaje de la ciencia que tiene un carácter personal, contextual y que requiere de tiempo.

Pérez, et al., (1998) en su libro *Centros de ciencia, espacios interactivos para el aprendizaje* dedican un capítulo al aprendizaje en los centros de ciencia, con tres ejes rectores basados en la revisión exhaustiva de veinte años de publicaciones y bases de datos y los resumen en tres aspectos:

1. ¿Qué se aprende? En este eje destacan el binomio juego-aprendizaje basado en los estudios de Yahya (1996 citado en Pérez, et al., 1998), tomando el juego como una aproximación exploratoria a la vida. Las autoras mencionan que las personas que visitan un museo de ciencias, no solamente pasan el rato disfrutando sino que lo aprendido se manifestará más adelante, en otros contextos de educación formal o informal. En respuesta a esta pregunta, Wellington (1990 citado en Pérez, et al., 1998) puntualiza que un museo de ciencias contribuye en la construcción de aprendizajes asociados con los dominios procedimentales y afectivos.
2. ¿Cómo se aprende? Aquí se destaca la noción de que los individuos se acercan a los fenómenos naturales con una estructura conceptual ya formada o en vías de formación y mediante esta se intenta explicar lo que se observa, así surge el vínculo con lo que en el estudio de la enseñanza de las ciencias se denominan preconcepciones o bien ideas previas. Las autoras aseveran que las exhibiciones interactivas son un medio para que se hagan explícitas las preconcepciones mediante cuatro niveles: experiencia (aspectos afectivos), exploración (descubrimiento a través de la manipulación de los equipamientos interactivos), explicación (conceptual relacionado con las estructuras cognitivas del individuo) y ampliación (generalización de ideas, confrontar el modelo explicativo).
3. Factores que pueden influir en el aprendizaje. En este aspecto resaltan la importancia de la preparación de la visita, el material didáctico de apoyo, el papel de los mediadores pedagógicos, la relación de los contenidos del museo de ciencias con el currículum escolar, el comportamiento de los individuos, el tiempo de permanencia en cada equipamiento interactivo, los recorridos, las características sociodemográficas, etc., factores que son

reforzados por Crownley, Pierroux y Knutson (2014) en sus estudios con familias y grupos de pares aplicando las perspectivas socioculturales.

Por otra parte, Callanan, Cervantes y Loomis (2011) mencionan que el aprendizaje informal en estos ambientes es de libre elección, incluye una gama diversa y no estandarizada de temas, estructuras flexibles y ninguna evaluación impuesta externamente, lo que refuerza el interés y la motivación de las personas.

Pol y Asensio (2014) refieren que “la comprensión y el aprendizaje son los elementos que más satisfacción causan y que producen efectos a mediano y largo plazo” (Pol y Asensio, 2014, p. 20) en los visitantes a un museo. Estos autores denominan aprendibilidad al proceso que hace referencia al aprendizaje informal el cual incorpora tres aspectos (Pol y Asensio, 2014, p. 81):

- a) contenidos: cercanos a la vida cotidiana y relevantes.
- b) procesos: colaborativos, participativos, competenciales y emocionales.
- c) productos: constructivos y comunicables.

Guisasola y Morentín (2007) expresan que “el aprendizaje es un proceso individual y los museos proporcionan una buena oportunidad para aprender independientemente y por elección propia” (Guisasola y Morentín, 2007, p. 402).

Como se puede observar en esta breve revisión de la literatura se rescatan las características esenciales del aprendizaje informal que se construye en los museos y centros de ciencias, diversos autores han volteado a ver los logros educativos en estos ambientes, algunos con la idea de reforzar la educación formal con las oportunidades educativas que brindan, otros con el objetivo de mejorar las exposiciones y los contenidos de ciencia.

Esta investigación, se aproxima hacia la comprensión del aprendizaje que se construye en torno al tema del agua el cual es la temática principal de la sala que fungió como estudio de caso. En el siguiente capítulo, se conocerán las fases que se desarrollaron y sus principales hallazgos cuantitativos y cualitativos.



Capítulo IV. Metodología de la investigación

En este capítulo se describen los detalles metodológicos de la investigación. El tipo de estudio que se realizó para la presente tesis fue de tipo exploratorio y descriptivo con un enfoque mixto secuencial en el cual el objetivo es recolectar y analizar datos cuantitativos y cualitativos. El estudio fue realizado en la sala *Agua elemento de la vida* de Universum Museo de las Ciencias de la UNAM. Se consideró en estos términos por ser un objeto de estudio del cual se tienen escasos registros y se buscó explorar la implementación de técnicas de recolección de datos mixtas.

4.1 Pregunta de investigación

¿Cuál es la metodología de evaluación más apropiada para obtener información y comprensión del aprendizaje informal en ciencia de los estudiantes de 13 a 17 años que se genera como resultado de la visita a los museos y centros de ciencias?

4.2 Población y muestra (universo)

Esta investigación se desarrolló en la sala *Agua elemento de la vida* que forma parte de las trece salas permanentes de Universum Museo de las Ciencias de la UNAM.

La investigación consta de tres fases metodológicas, por lo tanto, la población con la que se trabajó tiene diferentes características asociadas con la técnica seleccionada para la recolección de los datos, las cuales se describen en las siguientes secciones:

4.2.1 Fase I. Mapeo del espacio de exposición

El mapeo del espacio de exposición se realiza con el fin de saber cómo utilizan y se desplazan en el espacio los visitantes. En esta fase se recolectaron datos de visitantes ocasionales durante dos semanas de estudio, es decir, personas que ingresaron a la sala *Agua elemento de la vida* en los horarios en que se recolectó la información. Las técnicas utilizadas en esta fase fueron el *timing* y el *tracking* (ver sección 4.6) así como el análisis del espacio museístico mediante los aspectos cuantitativos propuestos por Beverly Serrell en 1998. Se recolectaron 53 recorridos

y los datos físicos del espacio museográfico los cuales se describen a detalle en el capítulo V.

4.2.2 Fase II. Conocimiento de los visitantes de la sala Agua elemento de la vida

A partir del mapeo del espacio se decidió hacer un análisis más detallado por lo cual se seleccionaron los cuatro equipamientos interactivos que más atraen a los visitantes, esta información se obtuvo del tiempo de interacción registrado en la primera fase anterior.

1. *Introducción a la sala - video mapping*
2. *Cuenca hidrográfica - rompecabezas 3D*
3. *Agua virtual - escáner de código de barras*
4. *Obras hídricas: abastecimiento de agua potable - tuberías*

La técnica de recolección de datos seleccionada para esta fase fue la entrevista, para ello se diseñó un guion que permitió registrar las categorías de análisis del aprendizaje informal que fueron definidas mediante el análisis teórico (ver Anexo II). La selección de la muestra de 16 participantes se realizó mediante la observación sistemática de los siguientes criterios de inclusión:

- Tiempo en sala. Identificación de los participantes que interactuaron con al menos el 50% de los equipamientos interactivos que conforman la sala en estudio.
- Interacción con los equipamientos interactivos. Que los participantes interactúen con los equipamientos mencionados o al menos en dos de ellos.

Así como el siguiente criterio de exclusión:

- Características de la visita. Que el entrevistado no perteneciera a un grupo escolar para evitar distracciones y facilitar que el visitante accediera a participar en la entrevista.

4.2.3 Fase III. Un ambiente educativo de aprendizaje informal

Para esta fase se utilizó el cuestionario y el registro en video para la recolección de los datos. La muestra poblacional que participó en esta fase fue de 19 jóvenes entre 13 y 17 años, organizados en seis grupos de escuela pública y un grupo de escuela privada, con los siguientes criterios de inclusión:

- Características del grupo. Los participantes deben tener una relación de amistad.
- Características del participante. Edad entre 13 y 17 años.
- Categorías de invitación. Que al menos uno de los participantes perteneciera a alguna de las tres categorías: participantes del programa Jóvenes hacia la Investigación de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, participantes del programa de Niñas y niños talento del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia de la Ciudad de México (área de ciencias), y participantes incluidos en la base de datos de los jóvenes que habían colaborado con un curso de verano de ciencias.

4.3 Hipótesis

Sí se cuenta con las categorías de análisis del aprendizaje informal es posible aproximarse hacia una propuesta preliminar de evaluación de corte pedagógico en los museos y centros de ciencias.

4.4 Listado de descriptores del marco teórico conceptual

- Aprendizaje humano
- Perspectivas teóricas del aprendizaje humano
- Aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias
- Categorías de análisis del aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias

4.5 Listado de descriptores del marco analítico

- Estudios en donde se evalúa el comportamiento de los visitantes a los museos y centros de ciencias.
- Estudios enfocados en la comprensión de los aspectos cognitivos de la visita a los museos y centros de ciencias.
- Estudios relacionados con los aspectos afectivos presentes durante las visitas a los museos y centros de ciencias.

4.6 Técnicas utilizadas para la recolección de los datos para la investigación

4.6.1 *Timing (registro de tiempos de permanencia)*

Autores como Yalowitz y Bronnenkant (2009) mencionan que la técnica de *timing* se emplea para registrar los tiempos de permanencia en exhibiciones específicas utilizando papel, lápiz y cronómetros. El modo de empleo de esta técnica debe considerar los siguientes elementos:

- El registro debe ser discreto y aleatorio.
- Se inicia el temporizador cuando el visitante ingresa al espacio a estudiar y se detiene cuando lo abandona.
- Con otro cronómetro se registra la hora en que comienza y deja de atender a cada elemento de la exposición para determinar cómo se divide el tiempo total entre el número de equipamientos interactivos que integran el espacio.

4.6.2 *Tracking (seguimiento de visitantes)*

De acuerdo con Yalowitz y Bronnenkant (2009) el *tracking* o seguimiento en los museos tiene que ver con cómo circulan los visitantes (Melton 1935, 1936; Robinson, 1928, citados en Yalowitz y Bronnenkant, 2009) y se considera una herramienta de medición para registrar físicamente dónde se encuentra un visitante.

Hoy en día, el *tracking* además de proporcionar datos cualitativos se puede complementar con grabaciones en vídeo y descripciones detalladas de la conducta del visitante. Para obtener mayor rigor en la recolección de los datos es fundamental que el seguimiento de visitantes sea discreto y aleatorio, dado que se ha documentado la existencia de cambios en la conducta cuando se le informa al visitante que está siendo monitoreado (Hooper-Greenhill, 1998). El modo de empleo de esta técnica requiere la utilización del mapa a escala del espacio a estudiar (ver, Sección 4.7.3).

4.6.3 Entrevista

Esta técnica se refiere a una interacción conversacional entre el investigador y los participantes, que cuenta con una sucesión de temas a cubrir y ciertas preguntas propuestas que están abiertas a los cambios de secuencia (Kvale, 2011). Para la implementación de esta técnica se diseñó un guion que puede consultarse en el Anexo II de esta tesis.

4.6.4 Cuestionario

Es un conjunto de preguntas que pueden ser cerradas o abiertas y se enfocan en una o más variables a medir que sean congruentes con el planteamiento del problema en la investigación (Hérendez, Fernández y Baptista, 2014). El cuestionario que se diseñó para esta tesis contiene las siguientes secciones:

1. Datos sociodemográficos (grado escolar, edad, género, colonia en donde vive, delegación y nombre de la escuela).
2. Intereses del participante. Busca coleccionar información acerca de los intereses en el contexto escolar y el vínculo con la ciencia y la tecnología, se integra de tres preguntas de opción múltiple y dos preguntas abiertas.
3. Actividades de ocio. Pretende obtener información respecto a cómo emplean los jóvenes el tiempo libre, se integra de dos preguntas de opción múltiple y una pregunta abierta.

4.6.5 Registro en video

Protocolo diseñado para registrar las variables presentes en este estudio de caso en el cual se realizó la invitación a jóvenes estudiantes de 13 a 17 años.

4.7 Características del ambiente educativo informal en donde se desarrolló la investigación

Para situar esta investigación se requiere el conocimiento de las características generales del museo de ciencias y del espacio específico en donde se realizó el estudio, por tal motivo, se presentan los aspectos generales de Universum Museo de las Ciencias y las características específicas de la sala *Agua elemento de la vida*.

4.7.1 Universum Museo de las Ciencias

Universum es el Museo de las Ciencias de la UNAM, es uno de los primeros museos universitarios interactivos de ciencia del país. Cabe señalar que los museos universitarios se distinguen de otros museos por su relevante papel educativo al depender de manera directa de instituciones de educación superior con las cuales establecen lazos de colaboración para cumplir con su función educativa, comunicativa y social; además de resguardar importantes colecciones histórico-científicas y apoyar a la educación superior. Universum depende de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia, quien a su vez está vinculada con la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM.

Este museo fue inaugurado en diciembre de 1992 y está situado en la zona cultural de Ciudad Universitaria de la UNAM en un entorno de más de 10 hectáreas de la zona de Reserva ecológica del Pedregal de San Ángel y áreas jardinadas, cuenta con 25,000 m² construidos de los cuales 12,000 m² están destinados a exposiciones permanentes (áreas temáticas fijas).

La visión de este museo de ciencias es “consolidar un espacio de divulgación de la ciencia, en especial la que se genera en la UNAM, que promueva una ciudadanía informada por el mundo de la ciencia y la tecnología, que participe en el desarrollo y transformación social de forma equitativa y sostenible” (Universum, Museo de las

Ciencias UNAM - DGDC, 2019). La misión de este museo de ciencias está integrada por tres objetivos específicos:

- Divulgar la ciencia en un espacio de encuentro interactivo, experimental, creativo e inclusivo, a través de experiencias museológicas y educativas de gran impacto sensorial, educativo y cultural.
- Promover la cultura científica, facilitar el aprendizaje, propiciar el pensamiento crítico y la reflexión.
- Alentar a los niños y los jóvenes a explorar y desarrollar sus intereses y habilidades en la comprensión del mundo.

Es un museo de ciencias abierto al público universitario y general que abre sus puertas de martes a domingo, todos los meses del año.

Desde su apertura hasta la actualidad ha recibido a más de diez millones de personas entre estudiantes de preescolar, primaria, secundaria, bachillerato, licenciatura y posgrado; familias con niños; adultos interesados en la ciencia; adultos de la tercera edad así como a investigadores involucrados en el estudio de los museos y centros de ciencias del mundo. El número promedio de visitantes al año es de 420 mil.

Desde su inauguración en 1992, el Museo de las Ciencias Universum ha procurado ofrecer contenidos científicos actualizados a través de la renovación total o parcial de sus salas permanentes (áreas temáticas fijas), así como con exposiciones temporales (áreas en movimiento que se mantienen de tres a nueve meses) que abordan temas emergentes, pertinentes y novedosos que son desarrolladas por el personal de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia o provienen de otras instituciones nacionales o extranjeras.

En cuanto a sus características generales puede mencionarse que en el entorno exterior al museo se encuentra la senda ecológica que es un espacio de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel señalada con una enorme cabeza de serpiente elaborada de concreto, en otra zona de jardines está un laberinto que puede ser recorrido simultáneamente por varias personas, un área verde que muestra una representación del sistema solar en el piso, una fuente con agua que tiene como

figura central la escultura de un puma (el emblema de la UNAM), juegos para niños/niñas y una estructura que semeja un huevo gigante de dinosaurio que hace la función de salón de actividades.

El edificio que alberga este museo de ciencias está organizado mediante cuatro secciones que se identifican con las letras A, B, C y D, cada una tiene tres niveles: planta baja, primer piso y segundo piso. En la planta baja del edificio D, se localiza la biblioteca “Manuel Sandoval Vallarta” especializada en divulgación de la ciencia, única en su tipo en todo México.

En cuanto al espacio interior, en la planta baja que abarca los edificios del A al D se localizan la zona de exposiciones temporales, el área de estructura de la materia, el área de ciencia recreativa, el espacio infantil, el vestíbulo, la misión espacial, el planetario José de la Herrán, un teatro y el jardín Universum con un mariposario y una casa autosustentable. En 2019, en la planta baja del edificio C se inauguró la sala *Océano, inmensidad desconocida*, que es un espacio educativo que brinda información respecto a las especies que habitan los océanos, su extensión territorial en el planeta y las problemáticas que enfrentan.

El vestíbulo de entrada funge como área de exposición temporal en donde se pueden encontrar el área de atención al visitante; las oficinas de becarios; el gabinete de curiosidades que exhibe objetos científicos-históricos; el área de prevención de riesgos; la dirección del museo; el restaurante; la cafetería; la tienda del museo y la paquetería.

En el primer piso del edificio A al D se encuentra el *Foro de química*, el laboratorio *Baylab*; la sala *La química está en todo*; la sala *Cerebro, nuestro puente con el mundo*; el foro *R3*; la sala *Agua elemento de la vida*; la sala *R3 reduce, reutiliza y recicla* y la sala *Imaginario matemático* (Universum, Museo de las Ciencias UNAM - DGDC, 2019).

En el segundo piso del edificio A al C se encuentran la sala de *Universo*; la roca lunar; el área de exposiciones temporales que exhibe “*Vínculos invisibles, polinizadores y biodiversidad*”; el foro 3D *Ventana de Euclides*; la sala *Evolución, vida y tiempo*; la sala *Población*; la sala *Salud, vida y equilibrio*, la sala *Sexualidad, vivirla en plenitud*

es tu derecho; las oficinas administrativas y las oficinas de la dirección general. En esta sección, la sala de *Conciencia de nuestra ciudad* se remodeló y cambió el nombre a *Hábitat, el espacio de todos* en la cual se muestra “un espacio geográfico complejo, en donde interactúan la naturaleza, la sociedad y el espacio construido; y cómo hemos utilizado o usado o aplicado el conocimiento, la ciencia y la tecnología para transformar nuestro entorno” (Universum, Museo de las Ciencias UNAM - DGDC, 2019).

Finalmente en el tercer piso del edificio C y D se encuentran la sala de reuniones directivas; el aula de teleconferencias *Luis Estrada*; las oficinas de servicios de cómputo; las oficinas de diseño de multimedia; la cabina de radio; las oficinas de medios para la divulgación de la ciencia; las oficinas de libros para la divulgación de la ciencia; las oficinas de la revista de divulgación de la ciencia *¿cómo ves?* y la sala Juárez.

Para el desarrollo de esta investigación, se seleccionó este museo, por la facilidad que otorga a los investigadores de la UNAM para obtener acceso a la recolección de los datos y por la experiencia acumulada por quien esto suscribe durante 20 años de colaborar con esta dependencia.

4.7.2 Un estudio de caso en la sala Agua elemento de la vida

Las salas de los museos y centros de ciencias son espacios educativos temáticos que abordan conceptos científicos que se exponen en diversos tipos de equipamientos interactivos, después de tener un riguroso trabajo conceptual previo en donde intervienen diversos especialistas tales como, científicos, pedagogos, psicólogos, diseñadores, museógrafos, divulgadores de ciencia, investigadores, entre otros profesionales.

Cabe señalar que la conceptualización de un espacio museográfico se suele plasmar en un documento interno denominado *Guión conceptual y museográfico* en donde se detallan las líneas principales de la temática a exhibir, las características de la sala, el desarrollo conceptual y el museográfico, en este caso dedicada al agua. Este

documento es de relevancia para cotejar los objetivos educativos y los alcances que pretende este ambiente educativo informal.

En específico, la sala *Agua elemento de la vida*, fue conceptualizada con un equipo de especialistas de la Red del Agua UNAM, PUMAGUA, CONAGUA y la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, fue inaugurada en mayo de 2016 como un espacio de exposición permanente la cual tiene una narrativa enfocada a explicar la naturaleza de este recurso esencial para la vida, la sobreexplotación que se hace de ella por causas antropocéntricas, los fenómenos naturales alrededor de ella y los problemas como su contaminación, mediante 23 equipamientos interactivos y 59 textos.

Para la presente investigación se seleccionó esta sala por cuatro aspectos relevantes:

- a) Al momento de la elaboración del protocolo de investigación era de reciente inauguración.
- b) Por su fecha de inauguración incluye la experiencia acumulada en los 26 años que lleva el museo de ciencias.
- c) Emplea el uso de nuevas tecnologías para la comunicación y la educación.
- d) El tema que trata es de vital importancia para la vida en este planeta (Red del Agua y DGDC, 2015).

Las metas principales de esta sala de acuerdo con el *Guión conceptual y museográfico* son (Red del Agua y DGDC, 2015):

- Hacer conciencia de la gran escasez que se tiene a nivel mundial de este compuesto.
- Dar a conocer las formas en que México se involucra en la problemática de carencia y exceso.
- Propiciar interés por un uso racional del recurso.

El objetivo principal de este espacio educativo es el siguiente:

- Estimular la curiosidad del visitante y despertar su interés en el mundo del agua para provocar su reflexión (Red del Agua y DGDC, 2015).

Los objetivos específicos son:

- Presentar a los visitantes la importancia del cuidado del agua.
- Mostrar al visitante el conocimiento científico generado en la UNAM referente a la gestión del agua en México.

De acuerdo con lo anterior, la sala busca estimular la reflexión sobre la problemática del agua, así como, propiciar el interés acerca de las acciones que se deben de llevar a cabo para preservar este recurso indispensable para la vida, a partir de despertar la curiosidad por el tema (Red del Agua y DGDC, 2015).

4.7.3 Características específicas de la sala Agua elemento de la vida

La sala ocupa un área de 600m² de Universum Museo de las ciencias y está conformada por 23 equipamientos interactivos entre mecánicos, electrónicos, maquetas, multimedia y videos, además de 17 cédulas informativas colocadas en mamparas de doble vista y textos informativos de instrucción o señalética.

De los equipamientos interactivos, tres de ellos son de carácter novedoso en los museos interactivos de ciencias, el primero de ellos corresponde a un video mapping (animación sobre superficies reales que consiguen dar un efecto artístico), el segundo es un simulador volumétrico de 360° del planeta Tierra en el que se proyectan diversos fenómenos meteorológicos, y el tercero corresponde a un equipamiento interactivo de realidad virtual, donde el participante interactúa mediante unos lentes con pantalla (oculus) que proyectan un juego que tiene como meta tomar decisiones para equilibrar una cuenca hidrográfica.

Las líneas temáticas sobre las que está conceptualizada esta sala son: la naturaleza del agua, la sobreexplotación, los fenómenos naturales relacionados con el agua y los problemas de contaminación que enfrenta. Mientras que las ideas centrales en la sala son: el origen del agua, el ciclo del agua, el impacto humano, los océanos, el cambio climático, el nivel del mar, los ecosistemas, la cuenca hidrográfica, el abastecimiento, el riego, la calidad y el derecho al agua, las obras hídricas, el agua en el ámbito urbano y rural, y el agua virtual.

La narrativa museográfica de la sala de acuerdo con el *Guion conceptual y museográfico* está organizada en tres secciones, la primera sección lleva por título *Agua en la Tierra* que contiene cinco equipamientos interactivos, la segunda sección llamada *El agua como recurso* que contiene doce equipamientos interactivos y la tercera sección denominada *Cultura del agua* que contiene seis equipamientos interactivos. Cada una de estas secciones tiene un objetivo específico y está organizada como se muestra en la Figura 1.

En la Figura 1 puede observarse la localización de los equipamientos interactivos que conforman esta sala y su distribución en el espacio, así como la descripción de cada uno de ellos en las Tablas 1, 2 y 3.

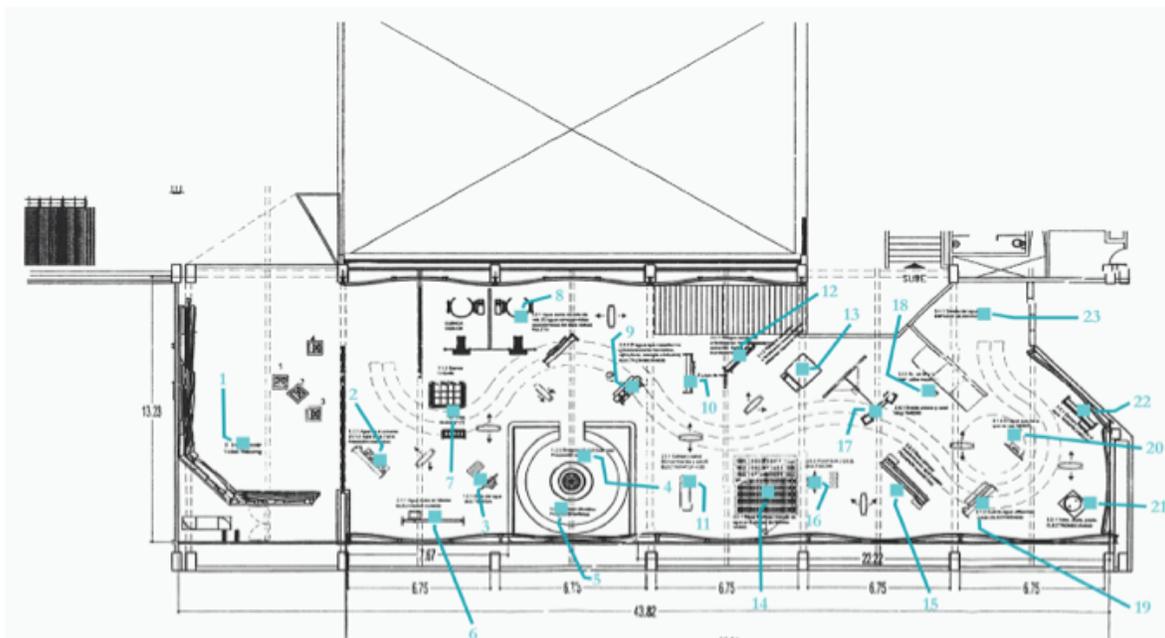


Figura 1. Mapa de la sala *Agua elemento de la vida* con su lista de equipamientos interactivos

Sección 1. Agua en la Tierra

Objetivo: Explicar cómo se originó el agua en la Tierra y la dinámica mediante la cual se renueva constantemente, así como el papel que desempeña en la formación de ecosistemas y las manifestaciones del cambio climático en su ciclo (Red del Agua y DGDC, 2015).

Tabla 1

Equipamientos interactivos que integran la primera sección de la sala Agua elemento de la vida.

Número	Nombre	Objetivo	Tipo	Conducta del usuario
1	Introducción	Experimentar que el agua es movimiento, acción, vida y que todos los seres vivos estamos formados por agua.	Video mapping	Contemplar, mirar
2	Agua en el universo	Explicar que en el universo hay agua en distintos estados, pero que en la Tierra podemos encontrarla líquida, sólida y gaseosa.	Electromecánico, audios acerca de la cantidad de agua que hay en Marte, la Tierra, Saturno, Europa (sexto satélite de Júpiter), Ceres (planeta enano) y en los cometas.	Elegir un menú de opciones y oír
3	Ciclo del agua	Describir los procesos del ciclo del agua y los factores naturales y artificiales que lo alteran.	Multimedia con pantalla de toque	Elegir un menú de opciones, mirar y leer
4	Océanos	Explicar la importancia de los océanos en la regulación climática y su influencia en otros ecosistemas a nivel global.	Simulador esférico	Contemplar, mirar
5	Cambio climático	Explicar la influencia del cambio climático en el ciclo del agua y la formación de fenómenos externos.	Simulador esférico	Contemplar, mirar

Sección 2. El agua como recurso

Objetivo: Explicar la importancia que tienen los distintos usos del agua para la vida y el desarrollo humano, además de promover su conservación como una acción indispensable para la supervivencia de todos los seres vivos.

Tabla 2

Equipamientos interactivos que integran la segunda sección de la sala Agua elemento de la vida.

Número	Nombre	Objetivo	Tipo	Conducta del usuario
6	Agua dulce en México	Mostrar la precipitación pluvial en el territorio mexicano y su relación con los ecosistemas, asentamientos humanos y las actividades productivas.	Electromecánico	Accionar el dispositivo mediante el movimiento de una regleta, mirar, leer.

7a	Cuenca hidrográfica	Explicar la importancia de una cuenca, sus características y funcionamiento.	Rompecabezas 3D/infografías	Armar rompecabezas, manipular
7b	Cuenca hidrográfica	Explicar la importancia de una cuenca, sus características y funcionamiento.	Realidad virtual	Colocar un oculus de realidad virtual, mirar
8	Agua como soporte de vida	Reconocer la importancia del cuidado de los distintos ecosistemas para conservar el agua.	Ruleta electromecánica	Girar unos círculos, mirar, leer
9	Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas	Analizar los usos que el ser humano hace del agua (abastecimiento, agricultura y generación de energía) y reconocer las relaciones que existen entre ellos.	Electromecánico, piezas de porcentajes	Colocar piezas en un tablero, esperar respuesta correcta
10	Riego de cultivos	Identificar que la mayor parte de los cultivos en México son de riego y que demandan mucha agua.	Electromecánico	Medir en una báscula, leer
11	Calidad y salud/contaminantes y salud	Reconocer la procedencia de algunos tipos de contaminantes del agua, así como la relación entre calidad del agua y salud.	Cómic mecánico	Apretar un botón, mirar, leer
12	Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones	Reconocer que existen daños asociados a una inundación de acuerdo con la velocidad a la que corre el agua y la altura que alcanza.	Electromecánico con videos	Accionar el dispositivo mediante el movimiento de una regleta, mirar, leer.
13	Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica	Reconocer la importancia de identificar los territorios naturales que el agua ocupa a través del tiempo para evitar ponerse en riesgo.	Electrónico, simulacro de inundación	Leer instrucciones, colocar piezas sobre una mesa, esperar respuesta, mirar, leer
14	Obras hídricas: manejo del agua en la Ciudad de México	Diferenciar la infraestructura que se utiliza para el control del agua en términos de su calidad, cantidad y riesgo.	Dos videos/diaporama / instalación de una obra hídrica	Leer, seleccionar video, mirar, oír
15	Obras hídricas: abastecimiento de agua potable	Simular el uso de obras hídricas para abastecer el agua.	Pizarrón magnético con dispositivos mecánicos	Colocar piezas, arrojar una canica, accionar palanca

16	Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM/ PUMAGUA	Presentar a PUMAGUA como un ejemplo de buena gestión del agua a través de medidas científicas, tecnológicas y de participación de la comunidad universitaria.	Multimedia	Leer y navegar en menú interactivo
17	Ámbito urbano y rural	Tomar decisiones, teniendo en cuenta la mejor gestión del agua, en un ambiente rural y urbano para resolver retos de vivienda, desalojo de agua, manejo de residuos y se percate que cualquier decisión repercute en el ámbito natural.	Multimedia para resolver retos de gestión del agua	Mirar, leer, elegir menú de opciones

Sección 3. Cultura del agua

Objetivo: Reflexionar sobre el valor del agua, el derecho que todos tenemos para disponer de ella, la responsabilidad que implica su uso y manejo, así como la belleza y el deleite que el agua nos brinda.

Tabla 3

Equipamientos interactivos que integran la tercera sección de la sala Agua elemento de la vida.

Número	Nombre	Objetivo	Tipo	Conducta del usuario
18	Agua virtual	Dar a conocer que cualquier producto requiere agua para su producción.	Diorama con escáner para obtener datos de cuánta agua se usa por producto	Manipular un escáner, mirar, leer
19	Cuánta agua utilizas	Propiciar la reflexión acerca de la forma en que usamos y manejamos el agua en la vida cotidiana.	Gráfico con volumetría, electrónico, agua que se usa en una casa	Girar manijas que simulan llaves de agua, mirar, leer.
20	El agua que ves y que no ves	Ejemplificar que consumimos agua en los productos o actividades cotidianas.	Vídeo	Mirar, oír
21	Valor, costo y precio	Diferenciar los conceptos de valor, costo, precio.	Electromecánico, cilindro giratorio	Girar un cilindro, leer
22	Derecho humano al agua	Revisar las implicaciones y limitantes que existen en la actualidad para garantizar el acceso al agua para todos los seres vivos.	Rompecabezas electromecánico, flor de trébol	Mover piezas, leer

23	Deleite del agua	Evocar que el agua es un elemento de deleite para el ser humano.	Espacio sensorial	Contemplar, mirar, oír
----	------------------	--	-------------------	------------------------

Otro de los apoyos comunes en los museos y centros de ciencias son las cédulas informativas las cuales se caracterizan por ser textos con información relevante respecto al tema que se desarrolla en una exposición, en el caso de la sala *Agua elemento de la vida* se cuenta con 17 cédulas informativas que contienen textos sobre la temática del agua las cuales están escritas con un promedio de 100 a 200 palabras cada una, estas cédulas tienen los siguientes títulos:

1. ¿Cómo surgió el agua en la Tierra?
2. México: cuánta agua y en dónde
3. El agua en continuo movimiento
4. Todos vivimos en una cuenca
5. Océanos reguladores térmicos
6. El agua como soporte de vida
7. Usamos agua más allá de beberla
8. Agua para la agricultura
9. El agua que usas siempre regresa al ambiente
10. Para que el agua no te atrape ¡infórmate!
11. El agua tiene memoria
12. Manejo y control del agua
13. PUMAGUA
14. El agua que no vemos
15. Cuida cada gota que te toca
16. Agua: valor, costo y precio
17. Derecho humano al agua

El uso de textos de divulgación de los contenidos científicos es un recurso habitual de comunicación en los museos y centros de ciencias, en esta sala se pueden observar diferentes tipos de textos que se pueden catalogar en cédulas amplias con contenido científico del tema del agua, cédulas de mano para complementar la

información del equipamiento, instrucciones para el uso de los equipamientos, instrucciones de un juego y señales de protección civil, dando un total de 59 textos.

Tabla 4

Tipos de texto en la sala Agua elemento de la vida

Cantidad	Recurso	Tipo de texto
17	Cédulas con información científica del tema del agua	Textos largos de 100 a 170 palabras en promedio.
5	Cédulas de mano	Textos largos de 100 a 200 palabras en promedio
18	Instrucciones para el uso del equipamiento	Textos cortos de 20 a 50 palabras
14	Información científica en las pantallas del equipamiento	Textos cortos de 60 a 100 palabras en promedio
4	Señales de protección civil	Textos cortos de 3 a 5 palabras
1	Instrucciones del juego para dos personas	Textos cortos de 10 a 20 palabras

Además de estos elementos físicos que integran este ambiente educativo informal, se cuenta con el apoyo de lo que se denomina la mediación en los museos y centros de ciencias que es llevada por los guías-anfitriones quienes son estudiantes de nivel licenciatura asignados a las salas de exposición. El rol de estos personajes resulta significativo para el cumplimiento de los objetivos del museo dado que su función es ser un vínculo entre la información que desea transmitir el museo y los visitantes. La sala *Agua elemento de la vida* cuenta con una curadora educativa como responsable del espacio y con cinco guías-anfitriones que cambian dos veces al año.

4.8 Diseño metodológico de la investigación

Como se mencionó al inicio de este capítulo, el diseño metodológico de esta investigación es de enfoque mixto secuencial en el cual el objetivo es recolectar y analizar datos cuantitativos y cualitativos del objeto de estudio (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), es decir, del aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias. Los alcances propuestos en este trabajo son de tipo exploratorio en donde el objetivo es comprender las características y variables significativas que intervienen en este proceso cognitivo (Festinger y Katz, 1992), así como descriptivo cuyo objetivo es especificar las categorías de análisis importantes de este fenómeno

para construir una propuesta que permita evaluar el aprendizaje informal en estos ambientes educativos. Ahora bien, para la selección de las técnicas metodológicas para la recolección de los datos (ver, sección 4.6) se analizó el planteamiento del problema, el tiempo para la colecta de los datos y la disposición de la sala de museo. Esta sección presenta el desarrollo del enfoque mixto secuencial mediante las tres fases que se implementaron en esta investigación.

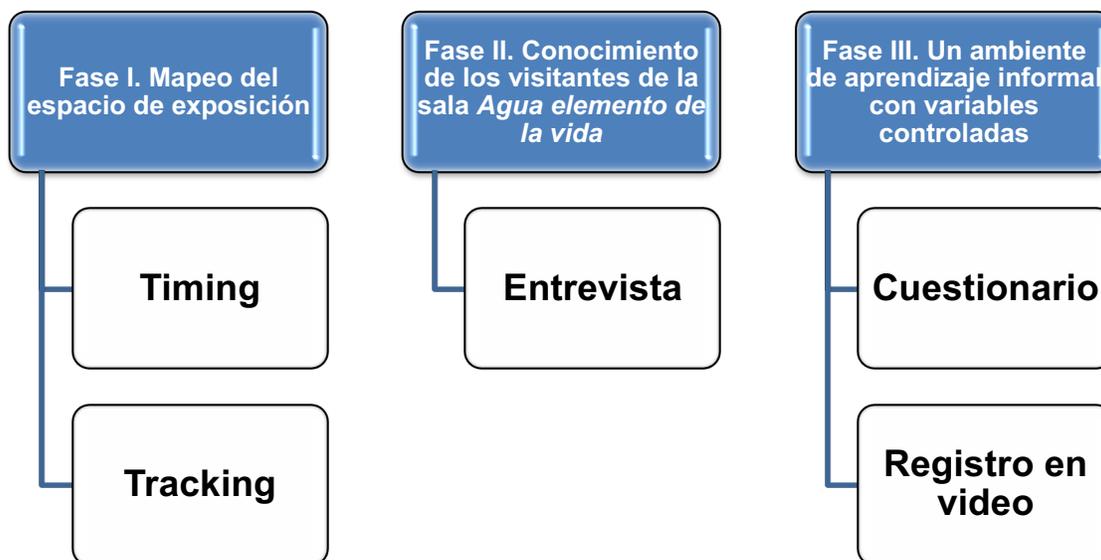


Figura 2. Fases del diseño metodológico de esta investigación y las técnicas utilizadas para la recolección de los datos.

4.8.1 Fase I. Mapeo del espacio de exposición

Es la fase de alcance cuantitativo en donde se obtuvieron datos de la sala en estudio y de la conducta de los visitantes, es decir, se recolectaron los datos del ambiente educativo, la trayectoria que siguen los visitantes, así como el tiempo general y el específico de interacción con la sala.

Además se registraron los datos acerca del uso físico que se le da al espacio de exposición por parte de los visitantes, para ello se implementó la técnica desarrollada por Beverly Serrell en 1998 la cual es utilizada para conocer el uso de los ambientes museográficos. Esta técnica está basada en un meta-análisis de datos obtenidos mediante *tracking* y *timing* en una amplia variedad de exposiciones. Serrell (1998) propone las siguientes métricas:

1. *Sweep rate index* (SRI). Este índice de barrido (traducción propia) se obtiene dividiendo los metros cuadrados de la exhibición entre el tiempo promedio de ocupación de una muestra seguida.
2. *Diligent visitors* (DV). Se obtiene calculando el porcentaje de visitantes que se detienen en más del 50% de los equipamientos interactivos de una exposición.

De acuerdo con Serrell (1998) mientras más bajo es el *Sweep rate index* SRI más despacio se desplazan los visitantes en la exposición, lo cual podría indicar mayor interés en el ambiente educativo informal, “los visitantes pasan más tiempo en la exposición y se involucran en comportamientos relacionados con el aprendizaje” (Serrell, 2010, traducción propia). Como una medida de comparación se revisaron los datos obtenidos en estudios en otras salas permanentes de Universum Museo de las Ciencias, a saber la sala *Expo Q* y la sala *Evolución, vida y tiempo* (Sánchez-Mora, 2006, 2007b).

Además se emplearon dos técnicas el *timing* (registro de tiempos, ver Sección 4.6.1) y el *tracking* (seguimientos de visitantes, ver Sección 4.6.2) con el objetivo de dar cuenta acerca de los aspectos conductuales de los visitantes mediante las trayectorias que se siguen en la sala *Agua elemento de la vida* y conocer los tiempos de permanencia promedio en cada equipamiento interactivo.

De acuerdo con Yalowitz y Bronnenkant (2009, p. 48) estas técnicas “pueden proporcionar datos cuantitativos en relación con los tiempos de permanencia así como otros datos conductuales”. Estas técnicas han sido utilizadas desde los 90s y aunque parecieran en desuso para los museos y centros de ciencias, Pol y Asensio (2014) han enfatizado la relevancia de los datos que aportan para conocer la conducta de los visitantes. La utilización de estas técnicas en esta investigación favoreció el mapeo y el reconocimiento del espacio para tomar la decisión de la siguiente recolección de datos.

La técnica denominada *timing* (*registro de tiempos*) se trata de un registro del tiempo de permanencia dentro de la sala *Agua elemento de la vida* y un registro específico del tiempo de interacción con cada uno de los equipamientos interactivos. Para la

aplicación de esta técnica se emplearon dos cronómetros, uno para registrar el tiempo general que demora el participante en recorrer la sala y otro para tomar el tiempo que permanece en cada equipamiento interactivo o cédula informativa.

En la técnica denominada *tracking* (*seguimientos de visitantes*) se registra la circulación de los participantes en la sala de exhibición mediante un mapa a escala (ver, Figura 3) y con marcadores de colores diferentes.

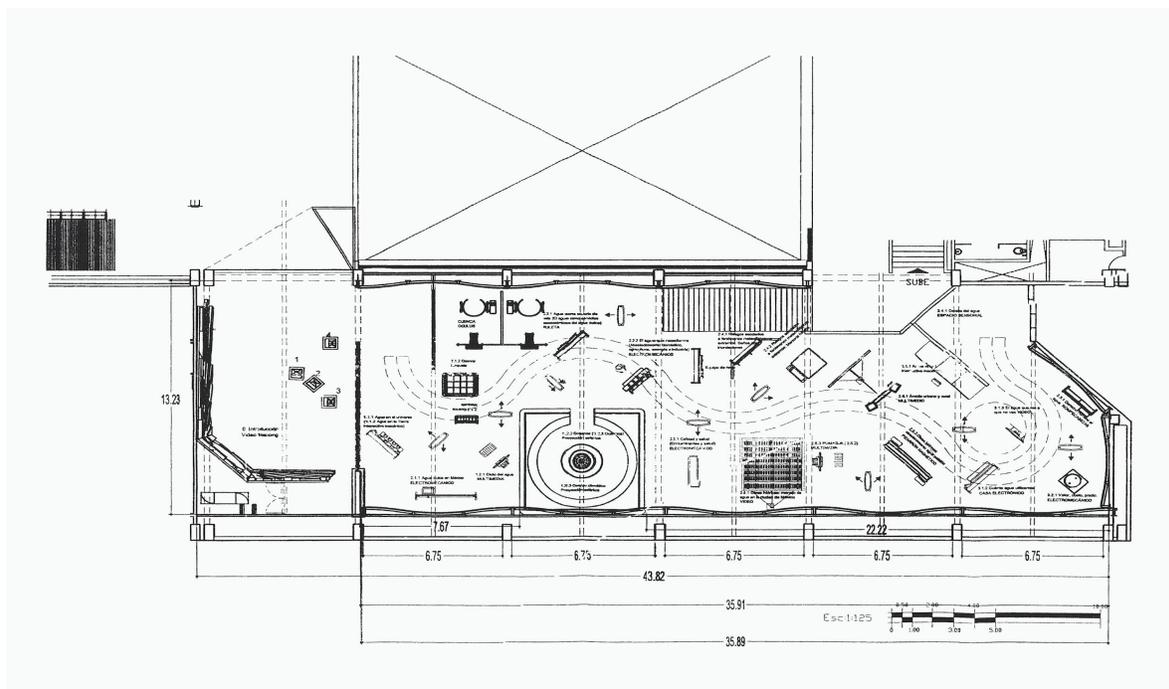


Figura 3. Mapa a escala de la sala *Agua elemento de la vida* que se utilizó para el seguimiento de los visitantes.

Para la recolección de datos, el observador se ubica en la sala como un visitante más, identifica al visitante a registrar y se señala sobre el mapa la trayectoria que sigue desde que entra a la sala hasta que sale de ella.

Con estas técnicas se registraron aleatoriamente los recorridos de 53 visitantes por medio de la observación no participativa, la cual consistió en el seguimiento del público de una manera sutil, realizando observaciones del comportamiento del individuo. El análisis de estos datos permitió conocer que el tiempo promedio general de la visita en esta sala es de 15.7 minutos, así como que cada visitante dedica un tiempo específico para interactuar con los equipamientos interactivos. Estos tiempos

de permanencia se presentan en la Tabla 7, con estos datos se seleccionaron los cuatro equipamientos interactivos que registraron mayor tiempo de interacción, a saber: video mapping (introducción a la sala), cuenca hidrográfica (rompecabezas 3D/infografías/realidad virtual), código de barras (agua virtual, diorama con escáner para obtener datos de cuánta agua se usa por producto) y tuberías (obras hídricas: abastecimiento de agua potable, pizarrón magnético con dispositivos mecánicos).

Con base en la información obtenida se realizó el guión de preguntas de la técnica de entrevista para su implementación en la siguiente fase.

4.8.2 Fase II. Conocimiento de los visitantes de la sala Agua elemento de la vida

Es la fase de alcance cualitativo en donde se obtuvieron datos de visitantes ocasionales con ciertas características de inclusión para formar parte de la muestra. En esta fase se recolectaron los datos cualitativos mediante la técnica de la entrevista (ver, Sección 4.6.3) con el objetivo de conocer la opinión de los entrevistados en cuanto a los cuatro equipamientos interactivos seleccionados en la fase anterior. En esta fase de registro de tipo cognitivo, afectivo y experiencial se recolectaron opiniones de los visitantes, las cuales permiten conocer la información que les es relevante al momento de concluir un recorrido por la sala. Para la recolección de los datos se diseñó un guión de preguntas (ver, Anexo I) para una entrevista breve, dado que resulta poco eficaz detener la visita por mucho tiempo. Este guión contiene una sección de información general del entrevistado, tres preguntas relacionadas con aspectos cognitivos, tres preguntas de aspectos afectivos y tres de experienciales. Las tres categorías de análisis, previamente construidas y basadas en la fundamentación teórica fueron el eje rector de esta técnica, estas son:

- Categoría cognitiva
- Categoría experiencial
- Categoría afectiva

Como se mencionó en la Sección 4.6.3, la selección de la muestra de 16 participantes se realizó mediante la observación sistemática de los siguientes criterios de inclusión:

- Tiempo en sala. Identificación de los participantes que interactuaron con al menos el 50% de los equipamientos interactivos que conforman la sala en estudio.
- Interacción con los equipamientos interactivos. Que los participantes interactúen con los equipamientos seleccionados o al menos en dos de ellos.

Así como el siguiente criterio de exclusión:

- Características de la visita. Que el entrevistado no perteneciera a un grupo escolar para evitar distracciones y facilitar que el visitante accediera a participar en la entrevista.

Para el procedimiento, en primer lugar se realizó una presentación al participante mencionando el objetivo de la entrevista breve y se solicitó permiso para grabar el audio. Esta fase se realizó durante dos semanas de martes a viernes para tener más posibilidad de respuestas de visitantes diversos.

Se aplicó la entrevista a 16 participantes: 4 en el videomapping (introducción a la sala), 4 en la cuenca hidrográfica (rompecabezas 3D, infografías, realidad virtual), 4 en código de barras (agua virtual, diorama con escáner para obtener datos de cuánta agua se usa por producto) y 4 en las tuberías (obras hídricas: abastecimiento de agua potable, pizarrón magnético con dispositivos mecánicos).

Una vez obtenidas las entrevistas, se realizó la transcripción de cada una de ellas en un archivo de Google Drive (ver, Anexo III), después se acomodó la información en una tabla de doble entrada para facilitar su posterior análisis mediante el software para el análisis cualitativo de datos, Atlas ti (versión 8).

4.8.3 Fase III. Un ambiente de aprendizaje informal con variables controladas

Es la fase de alcance cualitativo en donde se obtuvieron datos de jóvenes entre 13 y 17 años que acudieron por invitación a participar en esta investigación. En esta fase se recolectaron los datos mediante un registro en video en un escenario control sin investigador, con la finalidad de estudiar el museo de ciencias sin una persona que interviniera en el proceso de la visita.

Para ello se diseñó un protocolo de investigación que consistió en invitar a jóvenes entre 13 y 17 años, inicialmente de escuela pública, a participar en un estudio de museos de ciencias y que pudieran asistir con dos o tres amigos. Este protocolo incluyó un breve cuestionario para conocer las características e intereses de los jóvenes que acudieron a la invitación (ver, Anexo II).

Este cuestionario contiene tres secciones, la primera recaba datos sociodemográficos (grado escolar, edad, género, colonia en donde vive, alcaldía y nombre de la escuela); la segunda sección busca obtener información acerca de sus intereses en el contexto escolar y el vínculo con la ciencia y la tecnología, se integra de tres preguntas de opción múltiple y dos preguntas abiertas; y la tercera sección explora las actividades de ocio o bien, cuáles son sus intereses para administrar el tiempo libre, se integra de dos preguntas de opción múltiple y una pregunta abierta.

Para contactar a los participantes se extendió la invitación mediante tres vías de comunicación, la primera fue con la coordinadora del programa Jóvenes hacia la Investigación de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM para solicitar que compartiera la invitación al estudio con los jóvenes que participan en este programa. El objetivo de este programa es establecer un vínculo entre los estudiantes y profesores del bachillerato con las facultades, escuelas, centros e institutos que se enfocan en las ciencias y el desarrollo tecnológico.

La segunda acción fue establecer comunicación con una profesora de ciencias del programa denominado “Niñas y niños talento” del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia de la Ciudad de México, el cual atiende a niñas y niños de 6 a 15 años de edad, en situación de carencia social y con aptitudes académicas sobresalientes basadas en las calificaciones de 9 y 10 en el nivel escolar que estén cursando. Otra característica necesaria para participar en este programa es que estén inscritos en escuelas públicas de la Ciudad de México. Estas niñas y niños reciben una hora de actividad a la semana que ellos mismos seleccionan de tres áreas temáticas: artes (música, artes plásticas, teatro, creación literaria, danza folklórica, danza contemporánea), ciencias (computación, historia, ciencias, inglés) y deportes (natación, fútbol, básquetbol, voleibol, gimnasia). Las niñas y niños reciben

un estímulo económico mensual y dos apoyos semestrales. Para esta investigación la profesora que apoyó con comunicar la invitación hacia sus estudiantes pertenece al área de ciencias.

Finalmente, la tercera acción fue mediante la base de datos de los jóvenes que habían participado como facilitadores de aprendizaje en un curso de verano de ciencias que se desarrollaba en Universum Museo de las ciencias hasta 2017. Este curso de verano reunía jóvenes que estaban estudiando alguna licenciatura para colaborar durante cinco semanas del verano en la realización de talleres y demostraciones de ciencia.

En esta fase los criterios de inclusión fueron:

- Que al menos un integrante del grupo perteneciera al tipo de invitación.
- Que el integrante reuniera amigos cercanos.
- Que se firmara una carta de autorización para la videograbación y uso de la información con fines académicos, ya sea de padres de familia o tutores.

Los grupos que participaron pertenecen a los tres tipos de invitación por lo que la muestra poblacional fue de 7 grupos con 2 o 4 jóvenes, dando un total de 19 participantes. Como se mencionó en los criterios de inclusión, un requisito indispensable para participar en este proceso fue que el joven invitado reuniera a dos o tres amigos, esto con la intención de que la relación amistosa favoreciera el proceso de *rapport*³ y sobretodo se evitara la posible inhibición hacia la grabación en video.

Previo al ingreso a la sala *Agua elemento de la vida*, los participantes contestaron el cuestionario mencionado y se les comentó el procedimiento de la visita.

³ El *rapport* es el proceso de interacción entre dos personas con fines comunicacionales y que tiene implicaciones afectivas y conductuales. Es un concepto utilizado por psicólogos, psiquiatras, trabajadores sociales, consejeros, etc., en su práctica profesional. Tickle-Degnen y Rosenthal (1990) expresan que el *rapport* existe únicamente en la interacción entre los individuos y tiene tres componentes: la atención mutua, la positividad y la coordinación.

Para el registro en video de esta visita se utilizó una cámara personal de alta definición GoPro⁴, la cual fue colocada en la cabeza de uno de los jóvenes, ellos decidieron quién la llevaba.

Una vez obtenidos los videos, se realizó la transcripción de los diálogos en un archivo de Google Drive, después se elaboró un análisis detallado mediante el software para el análisis cualitativo de datos Atlas ti (versión 8) en el cual se realizó la observación por intervalos de tiempo para identificar las categorías cognitiva, experiencial y afectiva así como las co-ocurrencias.

Los resultados obtenidos en estas fases se describen a detalle en el siguiente capítulo.



⁴ La cámara deportiva o de acción GoPro es un artefacto pequeño que pesa 152grs con su carcasa protectora. El modelo que se utilizó en esta investigación fue el GoPro Hero4 Black el cual graba video de calidad y resolución de hasta 4K con una perspectiva de gran angular.

Capítulo V. Análisis de la investigación

Como se ha revisado en los capítulos III y IV existe un amplio marco teórico conceptual y analítico que nos permite dar cuenta del objeto de estudio de la presente tesis: el aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias. En este capítulo se desglosan los datos obtenidos en esta investigación mediante las tres fases mencionadas en el capítulo anterior, los cuales sirven de base para la propuesta de evaluación de corte pedagógico que se presenta en el capítulo VII.

5.1 Fase I. Mapeo del espacio de exposición

En esta primera fase se obtuvieron los datos acerca del uso físico que se le da a la sala *Agua elemento de la vida*, con base en las métricas propuestas por Serrell (1998), el *sweep rate index* (SRI) y el *diligent visitors* (DV). Respecto al uso del espacio museográfico de la sala en estudio, se observa que el *sweep rate index* SRI es de 444 y el porcentaje de *diligent visitors* DV es de 10.3 (ver, Tabla 5).

Tabla 5

Datos comparativos en las salas de Universum Museo de las ciencias (m² metros cuadrados, ft² pies cuadrados, minutos, sweep rate index SRI, diligent visitors DV)

Salas permanentes en Universum Museo de las ciencias	m ²	Pies cuadrados ft ²	Min	SRI ft ² /min	%DV
Expo Q	350	3767.37	5	753.47	4.5
Agua elemento de la vida	600	6458.35	15	430.55	10.3
Evolución, vida y tiempo	430	4628.48	15	308.56	20.5
Promedio reportado por Serrell (1998)				300	26

De acuerdo con Serrell (1998) los valores de *sweep rate index* SRI y de *diligent visitors* DV sirven para comparar el uso de las salas, pero no permiten comparaciones estadísticas entre visitantes en una muestra. Lo que es importante es que mientras más bajo es el valor del SRI, más despacio se desplazan los visitantes en la sala lo cual podría indicar mayor interés en el ambiente educativo

informal y un aumento en los comportamientos relacionados con el aprendizaje (Serrell, 2010).

Como una medida de comparación se registran los datos obtenidos en otras salas permanentes de Universum Museo de las Ciencias, la sala *Expo Q* que tiene un SRI de 753.47 y un DV de 4.5 y la sala *Evolución, vida y tiempo* con un SRI de 308.56 y un DV de 20.5. (Sánchez-Mora, 2006, 2007b).

Para la sala *Agua elemento de la vida*, el tiempo promedio de ocupación fue de 15.7 minutos, y los datos obtenidos corresponden a los esperados de acuerdo con Serrell (1998), es decir, se observa un mayor porcentaje de visitantes que se quedan en el ambiente educativo informal en los 10 primeros minutos de ocupación y se va disipando la cantidad conforme avanza el tiempo. Los datos de ocupación son los siguientes:

Tabla 6

Datos de ocupación y tiempo que permanecen en la sala

Frecuencia de visitantes	Tiempo en minutos
27%	5
44%	10
25%	15
2%	20
1%	25
1%	30

Esta información permite observar los indicadores directos de cómo funciona la sala *Agua elemento de la vida* y que el tiempo dedicado a la visita de este ambiente educativo informal es bajo.

Como se mencionó en el capítulo anterior, otra de las técnicas de recolección de datos utilizada fue el seguimiento de visitantes *tracking*, con el objetivo de dar cuenta del aspecto conductual de la visita. Se obtuvieron 53 recorridos de visitantes en mapas a escala individuales, que posteriormente se trasladaron para análisis al software Adobe Photoshop Elements 10 por medio de capas, con esto se logró identificar el recorrido más frecuente mediante la acumulación de líneas trazadas

(datos recolectados con el apoyo de estudiantes del programa Jóvenes hacia la Investigación). La Figura 4 muestra la suma de estos recorridos registrados acumulados.

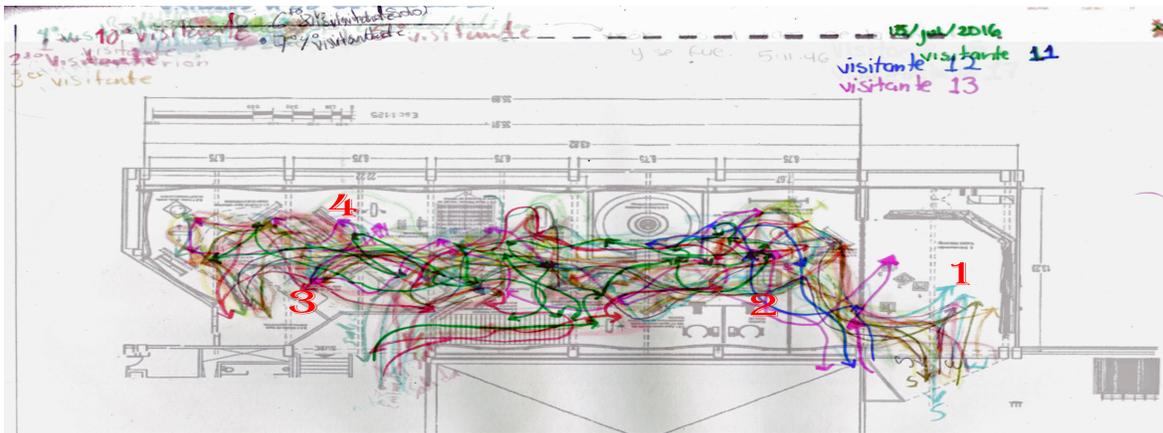


Figura 4. Recorridos más frecuentes registrados para un total de 53 visitantes en la sala *Agua elemento de la vida*.

De esta suma de recorridos se obtuvieron dos tipos de trayectos frecuentes los cuales permiten identificar cuál es el comportamiento promedio de las personas que visitan este ambiente educativo informal. Así se obtuvo la Figura 5 que muestra dos tipos de recorrido promedio, en el primero (señalado en color rojo) es la trayectoria que siguen las personas que ingresan por la entrada de la sala (lado izquierdo del mapa) y en el segundo (señalado en color azul) es la trayectoria que siguen las personas que ingresan por la salida de la sala *Agua elemento de la vida*.

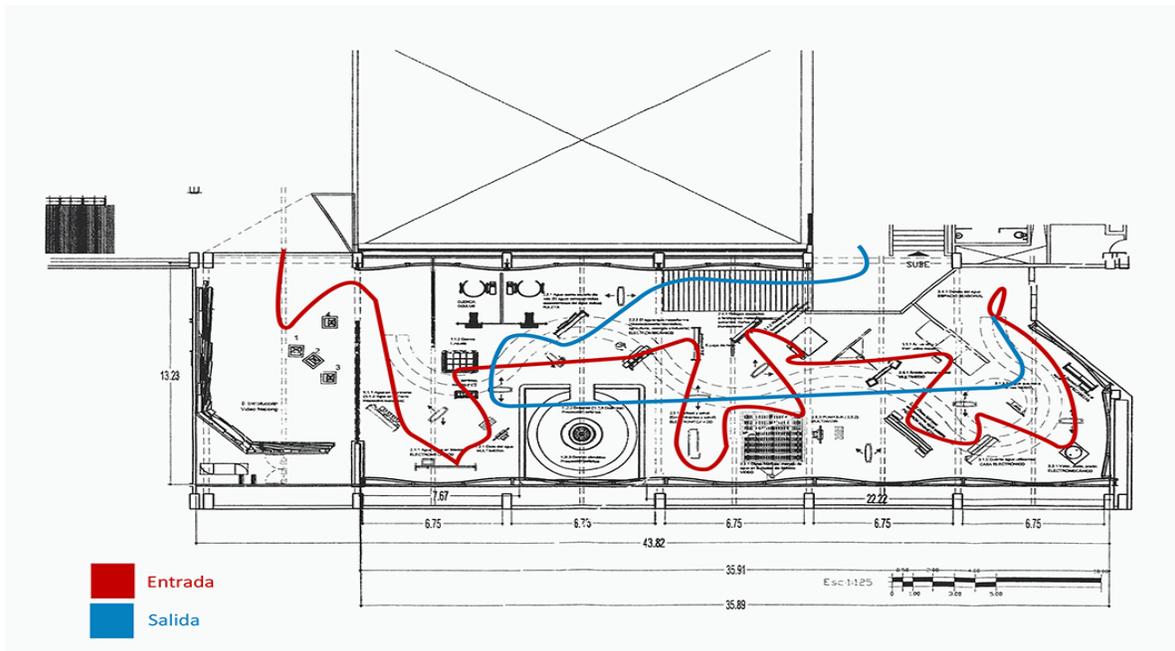


Figura 5. Recorridos promedio en la sala *Agua elemento de la vida* en donde se indica que el recorrido de color rojo es el trayecto de las personas que ingresan por la entrada de la sala (lado izquierdo del mapa) y en color azul el trayecto de las personas que ingresan por la salida (lado derecho del mapa).

Así, se observa una tendencia conductual respecto al uso que se le da a la sala *Agua elemento de la vida* en la cual se interactúa con el 80% de los equipamientos interactivos que contiene este espacio. Por otro lado, para la técnica denominada *timing (registro de tiempos)* se obtuvo el tiempo promedio de interacción para cada equipamiento interactivo, estos datos se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7

Muestra los tiempos de permanencia en los equipamientos interactivos durante la visita a la sala Agua elemento de la vida.

Número	Nombre de equipamiento interactivo	Tiempo promedio de estancia en minutos
1	Introducción-video mapping	1.02
2	Agua en el universo	1.17
3	Ciclo del agua	0.09
4 y 5	Océanos, cambio climático	1.27
6	Agua dulce en México	0.27
7a	Cuenca hidrográfica-rompecabezas	2.07
7b	Cuenca hidrográfica-realidad virtual	0.40
8	Agua como soporte de vida	0.31
9	Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes	0.53
10	Riego de cultivos-báscula	0.44
11	Calidad y salud/ contaminantes y salud-cómic	0.25
12	Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones/periódico	0.34
13	Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica/mesa inundación	0.41
14	Obras hídricas: manejo del agua en la Ciudad de México	1.29
15	Obras hídricas: abastecimiento de agua potable/tuberías	1.34
16	Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM/ Pumaagua	0.14
17	Ámbito urbano y rural	0.07
18	Agua virtual/código de barras	1.08
19	Cuánta agua utilizas-maqueta de casa	1.08
20	El agua que ves y que no ves	0.09
21	Valor, costo, precio	0.11
22	Derecho humano al agua-flor de trébol	0.18
23	Deleite del agua-espacio sensorial	0.13

Del análisis de los tiempos de permanencia se puede observar que los equipamientos interactivos en donde se detienen los visitantes por más tiempo son los que se presentan en la Tabla 8, cabe señalar que el equipamiento catalogado como 4 y 5 es el mismo simulador esférico, la diferencia radica en el tipo de proyección que se transmite el día de la visita.

Tabla 8

Muestra los equipamientos interactivos de la sala Agua elemento de la vida en donde los visitantes pasan más de un minuto en su interacción. # número de equipamiento interactivo, Cu: conducta del usuario.

#	Nombre	Objetivo	Tipo	Cu	Minutos
7 ^a	Cuenca hidrográfica	Explicar la importancia de una cuenca, sus características y funcionamiento.	Rompecabezas 3D/infografías	Armar rompecabezas, manipular	2.07

15	Obras hídricas: abastecimiento de agua potable	Simular el uso de obras hídricas para abastecer el agua.	Pizarrón magnético con dispositivos mecánicos	Colocar piezas, arrojar una canica, accionar palanca	1.34
14	Obras hídricas: manejo del agua en la Ciudad de México	Diferenciar la infraestructura que se utiliza para el control del agua en términos de su calidad, cantidad y riesgo.	Dos videos/diaporama/ instalación de una obra hídrica	Leer, seleccionar video, mirar, oír	1.29
4	Océanos	Explicar la importancia de los océanos en la regulación climática y su influencia en otros ecosistemas a nivel global.	Simulador esférico	Contemplar Mirar	1.27
5	Cambio climático	Explicar la influencia del cambio climático en el ciclo del agua y la formación de fenómenos externos.	Simulador esférico	Contemplar Mirar	
2	Agua en el Universo	Explicar que en el universo hay agua en distintos estados, pero que en la Tierra podemos encontrarla líquida, sólida y gaseosa.	Electromecánico , audios acerca de la cantidad de agua que hay en Marte, la Tierra, Saturno, Europa (sexto satélite de Júpiter), Ceres (planeta enano) y en los cometas.	Elegir un menú de opciones Oír	1.17
19	Cuánta agua utilizas	Propiciar la reflexión acerca de la forma en que usamos y manejamos el agua en la vida cotidiana.	Gráfico con volumetría, electrónico, agua que se usa en una casa	Girar manijas que simulan llaves de agua, mirar, leer.	1.08
18	Agua virtual	Dar a conocer que cualquier producto requiere agua para su producción.	Diorama con escáner para obtener datos de cuánta agua se usa por producto	Manipular un escáner, mirar, leer	1.08
1	Introducción	Experimentar que el agua es movimiento, acción, vida y que todos los seres vivos estamos formados por agua.	Video mapping	Contemplar Mirar	1.02

En cambio, hay equipamientos interactivos en donde la permanencia es mínima, en este sentido se habla de que el visitante pasa segundos y no muestra interés en la interacción, en esta identificación se eliminó el equipamiento que estuvo en reparación cuando se realizó la recolección de los datos.

Tabla 9

Muestra los equipamientos interactivos de la sala Agua elemento de la vida en donde los visitantes pasan menos de 15 segundos. # número de equipamiento interactivo, Cu: conducta del usuario.

#	Nombre	Objetivo	Tipo	Cu	Minutos
16	Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM/ Pumagua	Presentar a PUMAGUA como un ejemplo de buena gestión del agua a través de medidas científicas, tecnológicas y de participación de la comunidad universitaria.	Multimedia	Leer y navegar en menú interactivo	0.14
23	Deleite del agua	Evocar que el agua es un elemento de deleite para el ser humano.	Espacio sensorial	Contemplar, mirar, oír	0.13
21	Valor, costo y precio	Diferenciar los conceptos de valor, costo, precio.	Electromecánico, cilindro giratorio	Girar un cilindro, leer	0.11
20	El agua que ves y que no ves	Ejemplificar que consumimos agua en los productos o actividades cotidianas.	Vídeo	Mirar, oír	0.09

Para poder apreciar mejor estos tiempos de permanencia se realizó la ubicación del tiempo promedio dedicado en los equipamientos interactivos en el mapa a escala (ver, Figura 6), en primer lugar se indican aquellos en los que el visitante interactuó más de un minuto (color verde) y en segundo lugar los que tienen menos de 15 segundos de interacción (color rojo).

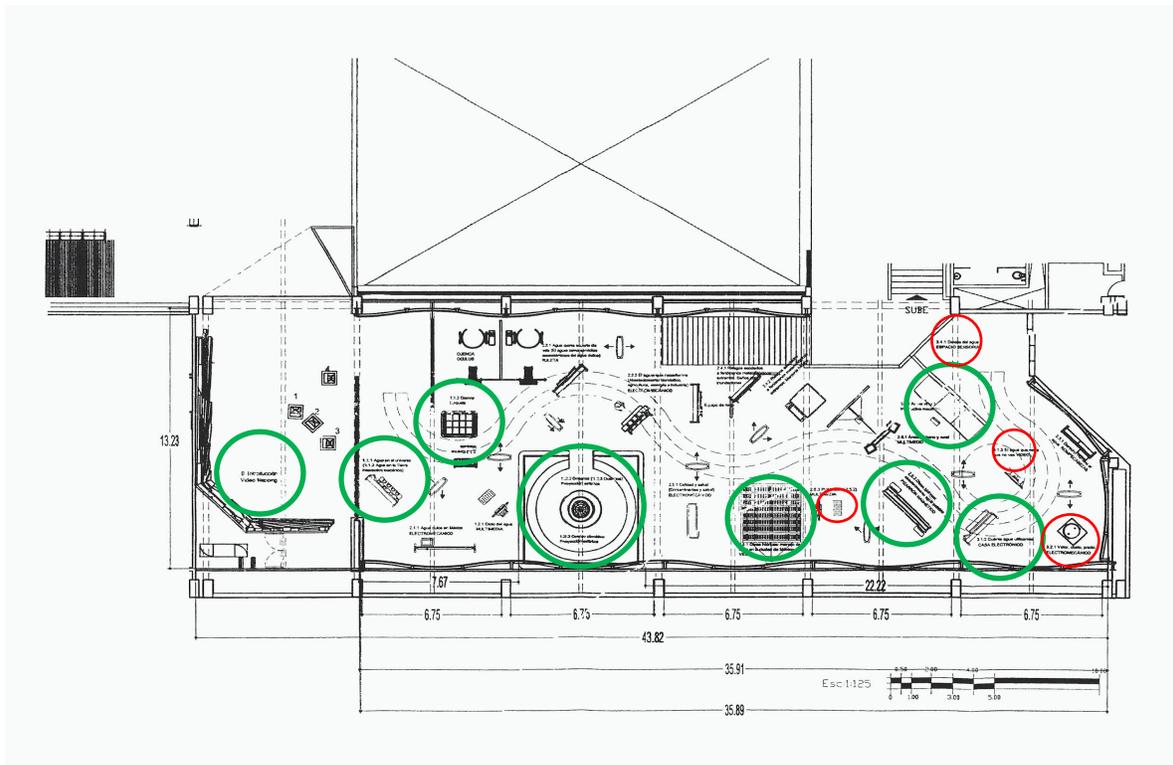


Figura 6. Muestra los tiempos de permanencia de los visitantes en los equipamientos interactivos, el color verde indica los ocho equipos que obtuvieron un promedio mayor a un minuto de interacción, el color rojo indica aquellos en donde el visitante interactúa menos de 15 segundos.

Esta primera fase de la investigación permite observar que hay equipamientos interactivos que atraen la atención de las personas por el tiempo de permanencia y apoyar la toma de decisiones respecto a qué tipo de equipamientos interactivos podrían ser más exitosos para favorecer la construcción de aprendizajes. Otro aspecto relevante en esta fase es que el tiempo promedio de la visita a toda la sala fue de 15.7 minutos, esta información es relevante para conocer el uso de tipo conductual que se le da al ambiente educativo informal.

5.2 Fase II. Conocimiento de los visitantes de la sala *Agua elemento de la vida*

Como se mencionó en el apartado 4.8.2, en esta fase de alcance cualitativo se recolectaron los datos mediante la técnica de la entrevista (ver, Sección 4.6.3) con el objetivo de conocer la opinión de los entrevistados en cuanto a los cuatro

equipamientos interactivos seleccionados mediante el tiempo de permanencia *timing* que se obtuvo en la primera fase. Esta información permite conocer los aspectos relevantes a nivel cognitivo, afectivo y experiencial al momento de concluir su recorrido por la sala.

Para la recolección de los datos se diseñó un guión de preguntas (ver, Anexo I) para una entrevista respecto a los equipamientos interactivos en donde se detienen los visitantes por más tiempo asociando este indicador con el interés o poder de atracción. Los equipamientos interactivos incluidos en la entrevista breve son los siguientes:

Tabla 10

Muestra los equipamientos interactivos seleccionados para la realización de la entrevista con los visitantes. # número de equipamiento interactivo, # número de equipamiento interactivo, Cu: conducta del usuario.

#	Nombre	Objetivo	Tipo	Cu	Minutos
7 ^a	Cuenca hidrográfica	Explicar la importancia de una cuenca, sus características y funcionamiento.	Rompecabezas 3D/infografías	Armar rompecabezas, manipular	2.07
15	Obras hídricas: abastecimiento de agua potable	Simular el uso de obras hídricas para abastecer el agua.	Pizarrón magnético con dispositivos mecánicos	Colocar piezas, arrojar una canica, accionar palanca	1.34
18	Agua virtual	Dar a conocer que cualquier producto requiere agua para su producción.	Diorama con escáner para obtener datos de cuánta agua se usa por producto	Manipular un escáner, mirar, leer	1.08
1	Introducción	Experimentar que el agua es movimiento, acción, vida y que todos los seres vivos estamos formados por agua.	Video mapping	Contemplar Mirar	1.02

El guión de esta entrevista contiene tres categorías de análisis del aprendizaje informal: la cognitiva, la experiencial y la afectiva (ver, Anexo I). Como se mencionó en la sección 4.6.3, la selección de los participantes en esta fase siguió ciertos

criterios de inclusión y de exclusión definidos de manera previa. A continuación se presentan los resultados obtenidos en esta fase de la investigación:

5.2.1 Resultados sociodemográficos de la fase II

En esta fase se realizó la entrevista a 16 participantes, cuatro en cada equipamiento interactivo, de los cuales el porcentaje mayor fue de mujeres (56.3%) y menor de hombres (43.8%).

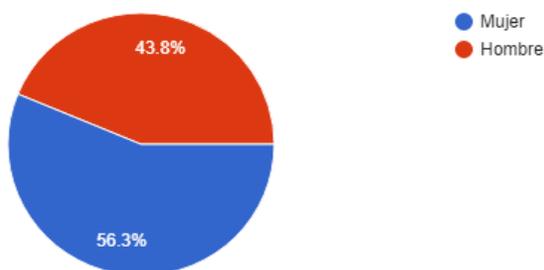


Figura 7. Género de las personas entrevistadas

El margen de edad que predominó en esta muestra fue de jóvenes entre los rangos de 15 a 18 años y de 19 a 22 años (ver, Figura 8) quienes están estudiando el bachillerato 43.8% y licenciatura 56.3% respectivamente (ver, Figura 9). El 100% de los participantes mencionó que ha visitado Universum Museo de las Ciencias de 1 a 5 veces en un año.

Edad

16 respuestas

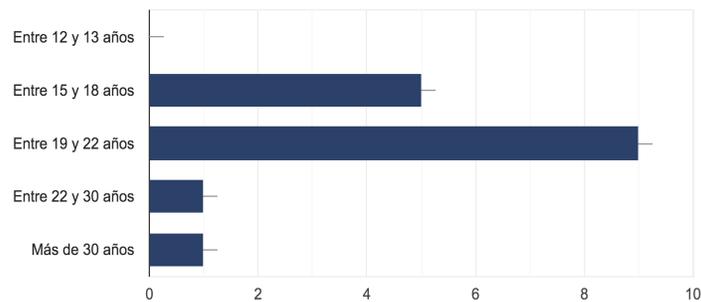


Figura 8. Rango de edades de las personas entrevistadas

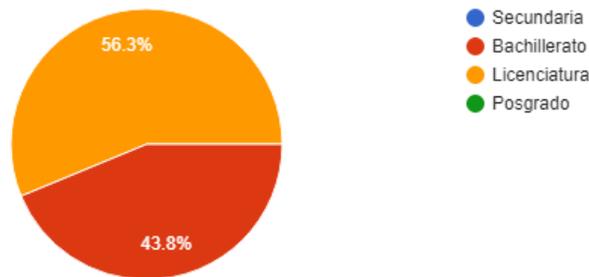


Figura 9. Nivel educativo de las personas entrevistadas. En rojo (43.8%) los participantes de bachillerato y en amarillo (56.3%) los de licenciatura.

En cuanto a la ubicación geográfica de los participantes obtenida de los códigos postales que mencionaron, se encontró que los lugares de donde provienen son las alcaldías Gustavo A. Madero, Venustiano Carranza, Benito Juárez, Iztapalapa y Tlalpan, así como de los siguientes municipios del Estado de México: Ecatepec, Tultepec y Naucalpan.

Esta información permite conocer que la población que asiste con mayor regularidad a visitar este ambiente educativo informal son los estudiantes tanto de nivel bachillerato como de licenciatura que provienen de diversas alcaldías de la Ciudad

de México y municipios del Estado de México. El punto en común de estos participantes es la cercanía del museo a sus respectivas escuelas o facultades, estos datos se vincularán con la información cualitativa que se obtenga de la transcripción de las entrevistas presentada en la siguiente sección.

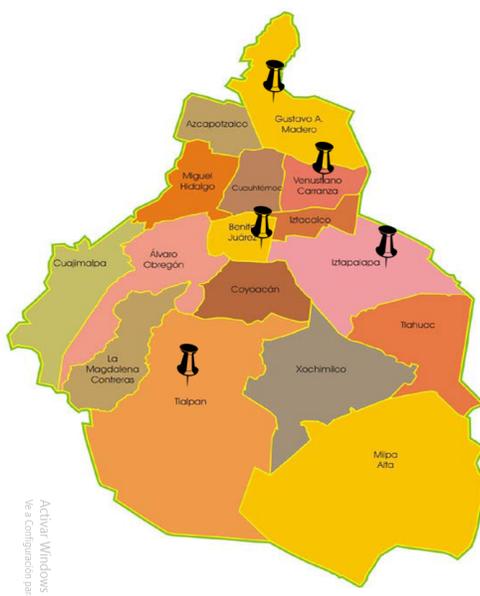


Figura 10. Señala los lugares de procedencia de las personas entrevistadas en la Ciudad de México.

5.2.2 Resultados del análisis de la entrevista de la fase II

El análisis cualitativo de datos se puede realizar de dos maneras distintas, como se hacía tradicionalmente con papel y lápiz, o bien, utilizando los recursos tecnológicos mediante software que se ha desarrollado para facilitar estos procesos. En esta investigación se utilizó el software Atlas ti (versión 8) para el análisis de las entrevistas, este software de análisis cualitativo permite ingresar una diversidad de tipos de datos, tales como: texto, audio, vídeo, imágenes, mapas, etc., para así dar paso a la obtención de gráficas y tablas que representen de mejor manera la información.

Para el análisis de los datos obtenidos en las entrevistas, en primera instancia se realizó la organización de la información mediante la transcripción de las entrevistas en un archivo de texto, posteriormente se importó (acción que se refiere a incorporar

el archivo) el documento al software Atlas ti (versión 8) y se realizó una categorización basada en los estudios que se revisaron para dar forma al marco conceptual de la presente tesis. Por lo tanto, se parte de la premisa de que es posible identificar características generales del aprendizaje informal en ciencia mediante las siguientes categorías:

- Categoría afectiva positiva: se identificaron las opiniones que están relacionadas con las emociones básicas positivas del ser humano como la alegría y las emociones positivas compuestas como el entusiasmo, orgullo, entre otras.
- Categoría afectiva negativa: frases vinculadas con emociones básicas negativas del ser humano, como tristeza, enojo, miedo y las emociones negativas compuestas como indiferencia, aburrimiento, frustración, ya sea que estén relacionados con la exposición o con la temática de la sala *Agua elemento de la vida*.
- Categoría cognitiva positiva: son opiniones vinculadas con conceptos o ideas de ciencia, afirmaciones de algo que ya sabía, asociación con un tema nuevo, comprensión de las instrucciones a seguir, entre otras.
- Categoría cognitiva negativa: son opiniones negativas vinculadas con la temática de la sala respecto a conceptos o ideas de ciencia, afirmaciones en sentido negativo de algo que ya sabía, asociación negativa con un tema nuevo, falta de comprensión de las instrucciones a seguir, entre otras.
- Categoría experiencial positiva: opinión positiva de la persona entrevistada asociada con cómo fue su experiencia dentro del ámbito educativo informal: fue algo bueno, muestra interés, es bonito, fue una experiencia interesante, actividad motivante, entre otras.
- Categoría experiencial negativa: opinión negativa del entrevistado asociada con cómo fue su experiencia dentro del ámbito educativo informal: actividad complicada, no encontré nada bueno, hice algo pero me tardé en completar la actividad, moví un objeto y no entendí para qué, no tuve acceso a los equipamientos interactivos por estar en mantenimiento, etc.

Tabla 11

Categorías de análisis del aprendizaje informal de los entrevistados que interactuaron con la sala Agua elemento de la vida (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2).

Categoría	Frecuencia
Afectiva negativa	6
Afectiva positiva	30
Cognitiva negativa	8
Cognitiva positiva	56
Experiencial negativa	22
Experiencial positiva	33
Total	155

A partir de la tabulación de los datos codificados con las categorías de análisis del aprendizaje informal en el software Atlas ti (versión 8) fue posible identificar las categorías que emergen con mayor frecuencia (ver, Tabla 11), en total se codificaron 155 de las cuales las más frecuentes tienen un enfoque positivo.

Esta información expresada en porcentajes permite observar que las categorías de análisis con orientación positiva son las más frecuentes (ver, Figura 11), esto puede incidir en la percepción del aprendizaje informal como un aspecto positivo. Otro hallazgo relevante es la presencia de un mayor porcentaje de la categoría experiencial tanto positiva como negativa, seguido de la cognitiva y afectiva.

Categorías de análisis del aprendizaje informal

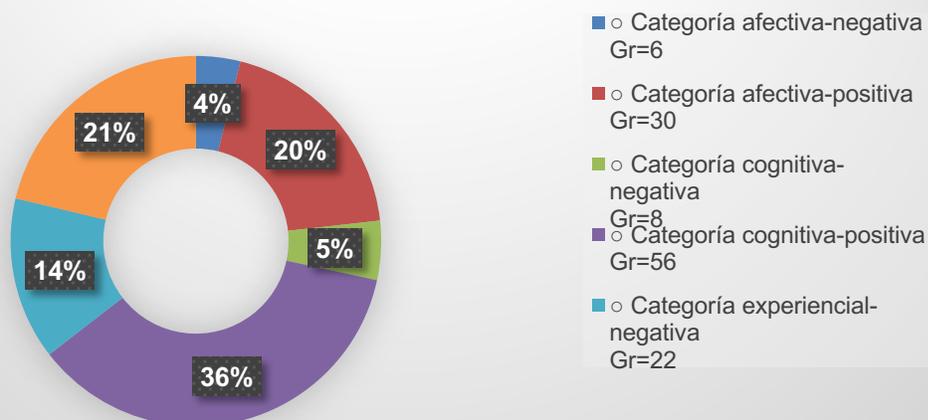


Figura 11. Categorías de análisis del aprendizaje informal expresado en porcentajes. Gr: Enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento). (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2)

Una vez obtenida la frecuencia con la que se presentan las categorías de análisis del aprendizaje informal en las entrevistas se procedió a identificar las co-ocurrencias de las mismas. En el análisis cualitativo, las co-ocurrencias hacen referencia a los códigos que se identifican dentro de las citas en las transcripciones de las entrevistas, es decir, los códigos co-ocurren con sus respectivas citas. Por lo tanto, cuando se analiza la información de una entrevista es posible encontrar citas más pequeñas en extensión dentro de otras citas entonces la co-ocurrencia se presenta cuando se encuentra un código en una cita o bien, cuando otros códigos diferentes se siguen, solapan o están dentro de la misma. Estas co-ocurrencias permiten detectar y agrupar conceptos que están estrechamente relacionados dentro de un mismo conjunto de registros. En la información que se obtuvo de las entrevistas se encontraron co-ocurrencias entre las categorías de análisis del aprendizaje informal que se muestran en la Tabla 12.

Tabla 12

Co-ocurrencias entre las categorías de análisis del aprendizaje informal en la sala Agua elemento de la vida (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2). Gr: enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento).

	Categoría afectiva-negativa Gr=6	Categoría afectiva-positiva Gr=30	Categoría cognitiva-negativa Gr=8	Categoría cognitiva-positiva Gr=56	Categoría experiencial-negativa Gr=22	Categoría experiencial-positiva Gr=33
Categoría afectiva-negativa Gr=6	0	2	0	0	1	0
Categoría afectiva-positiva Gr=30	2	0	1	4	2	5
Categoría cognitiva-negativa Gr=8	0	1	0	2	1	1
Categoría cognitiva-positiva Gr=56	0	4	2	0	1	4
Categoría experiencial-negativa Gr=22	1	2	1	1	0	1
Categoría experiencial-positiva Gr=33	0	5	1	4	1	0

En la Tabla 12 es posible identificar diferentes co-ocurrencias, la más frecuente (n=5) es la categoría afectiva positiva con la experiencial positiva, en este sentido se observan opiniones positivas si la experiencia es agradable como la que se muestra a continuación:

“...también para nosotros supongo que estamos aprendiendo un poco, y ahí hay una actividad que nos gustó, sobre hacer nuestra ciudad y cómo administrar bien el agua, el suelo, en las viviendas todo eso... todo eso está cool (hombre, 20 años, licenciatura)”

La co-ocurrencia señalada con n=4 es la categoría afectiva positiva con la cognitiva positiva en donde la opinión está orientada a que gusta comprender el tema que la sala *Agua elemento de la vida* está describiendo, como se percibe en esta opinión:

“Una parte que me gustó mucho, fue la de toma de decisiones entre respecto al uso responsable de este recurso y también la otra acerca de los derechos humanos, es que el acceso al agua por parte de las personas es un derecho humano que se debe fomentar y que las personas deben conocer (mujer, 21 años, licenciatura)”.

Otra co-ocurrencia n=4 que vincula la categoría cognitiva positiva con la experiencial positiva, en donde se observan comentarios positivos asociados con la asimilación de alguna idea y la experiencia en la sala:

“...que la gente conozca y cómo debemos cuidarla, en qué productos se gasta más agua, este... las zonas naturales en donde está el agua, también que las personas la conserven (mujer, 22 años, licenciatura)”.

La co-ocurrencia n=2 vincula la categoría afectiva negativa con la categoría afectiva positiva específicamente cuando la opinión está relacionada con una emoción negativa respecto a los equipamientos interactivos que integran la sala *Agua elemento de la vida*:

“...está bonita, aunque si está triste que no funcionen todas las cosas (mujer, 22 años, licenciatura)”.

En el siguiente nivel de co-ocurrencia (n=1) se observa un vínculo entre la categoría afectiva negativa y la experiencial negativa, es decir, en la transcripción es posible leer comentarios con rasgos negativos seguidos de opiniones acerca de que la experiencia dentro de la sala del museo fue negativa.

Por otra parte, un análisis cualitativo que se puede extraer con este software es la diferencia entre mujeres y hombres respecto a las categorías de análisis, en donde se observa una mayor frecuencia de las categorías afectiva positiva (color naranja) y cognitiva positiva (color amarillo) en las mujeres, mientras que la cognitiva negativa,

la experiencial negativa y la experiencial positiva está más presente en los hombres (ver, Figura 12).

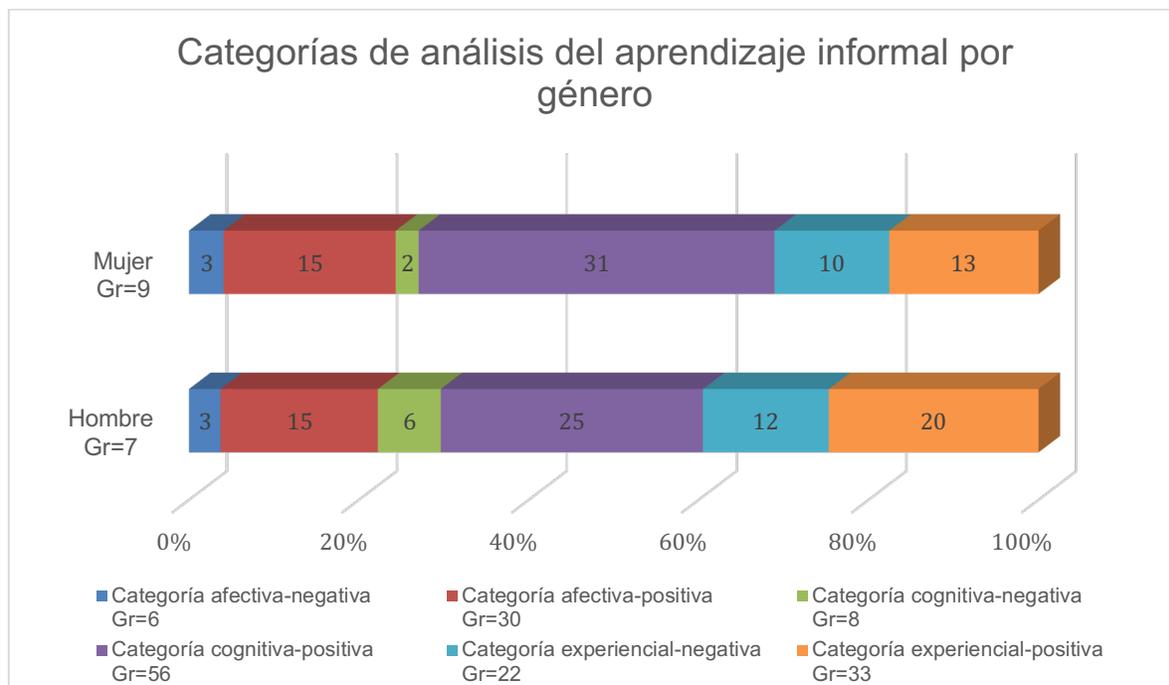


Figura 12. Diferencia de las categorías de análisis del aprendizaje informal por género. La barra superior distribuye las categorías de análisis del aprendizaje informal en las mujeres entrevistadas y la barra inferior muestra la de los hombres entrevistados (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2). En color azul oscuro la categoría afectiva-negativa, en rojo la afectiva-positiva, en verde la cognitiva-negativa, en morado la cognitiva-positiva, en azul claro la experiencial-negativa y en naranja la experiencial-positiva. Gr: enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento).

Respecto al nivel educativo, en esta muestra se obtuvieron entrevistas de personas que están estudiando el bachillerato o la licenciatura, sus opiniones también muestran ciertas tendencias, por lo tanto, se puede observar que las categorías de análisis más frecuentes en el nivel bachillerato son las que tienen un enfoque positivo, en primera instancia está la categoría cognitiva positiva (color amarillo), seguida con una frecuencia menor la afectiva positiva (color naranja y la experiencial positiva (color verde). Para los jóvenes de nivel licenciatura son representativas la cognitiva positiva (color amarillo), la experiencial negativa (color azul) y positiva (color

verde), la afectiva positiva (color naranja) y la cognitiva negativa (color gris) tiene un presencia considerable que no se observa en los jóvenes de bachillerato (ver, Figura 13).

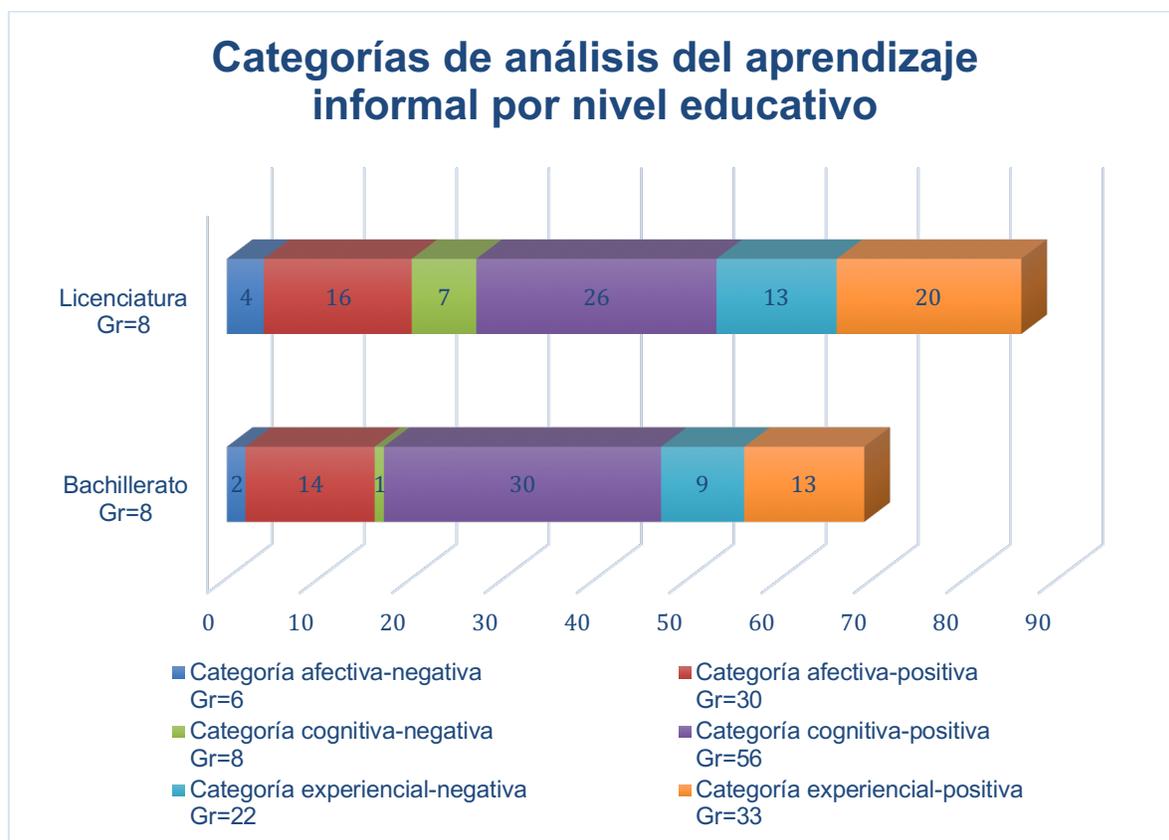


Figura 13. Diferencia de las categorías de análisis del aprendizaje informal por nivel educativo. En la barra superior se observa la distribución de las categorías en los entrevistados en nivel licenciatura mientras que la barra inferior describe las opiniones de los entrevistados de nivel bachillerato. En color azul oscuro la categoría afectiva negativa, en rojo la afectiva positiva, en verde la cognitiva negativa, en morado la cognitiva positiva, en azul claro la experiencial negativa y en naranja la experiencial positiva (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2). Gr: enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento).

Finalmente, un comparativo relevante en los datos obtenidos en esta fase es la ubicación geográfica de esta muestra puesto que se obtuvieron entrevistas a personas provenientes de diversas alcaldías de la Ciudad de México y del Estado de México.

La Figura 14 muestra la distribución de las categorías de análisis del aprendizaje informal por ubicación geográfica e indica ciertas frecuencias relevantes, como una

mayor presencia de la categoría cognitiva positiva (color amarillo) y la experiencial positiva (color verde) en la mayoría de las opiniones expresadas. Aunque se tienen pocos datos por cada alcaldía y municipio, se puede observar que los entrevistados de la alcaldía Venustiano Carranza, de Tlalpan y los del municipio de Tultepec presentan en sus opiniones las seis categorías del aprendizaje informal. En las otras alcaldías y municipios se presentan cinco, cuatro y sólo tres en el entrevistado que pertenece al municipio de Ecatepec.

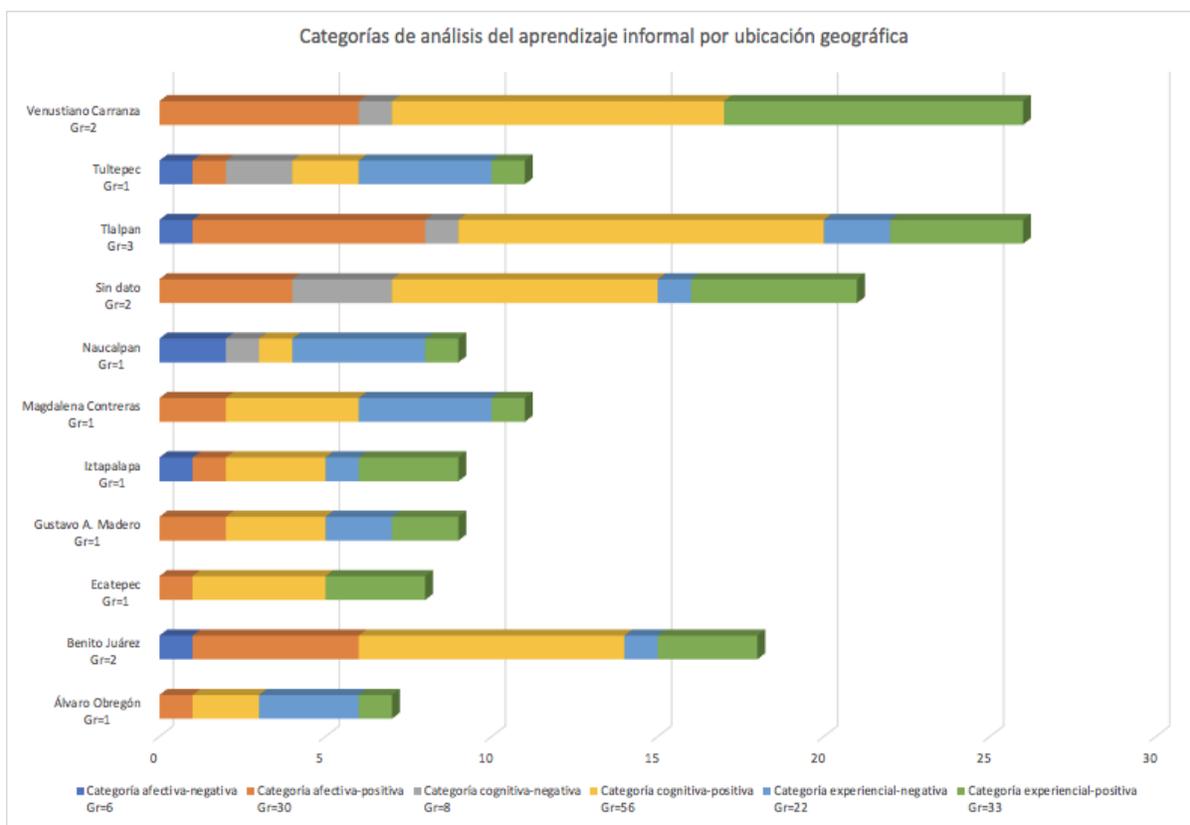


Figura 14. Diferencia de las categorías de análisis del aprendizaje informal por ubicación geográfica. De la parte superior hacia abajo se encuentran los datos de Venustiano Carranza, Tultepec, Tlalpan, un registro que no tiene ubicación, Naucalpan, Magdalena Contreras, Iztapalapa, Gustavo A. Madero, Ecatepec, Benito Juárez y Alvaro Obregón. En las barras horizontales, en color azul oscuro la categoría afectiva negativa, en color naranja la afectiva positiva, en color gris la cognitiva negativa, en color amarillo la cognitiva positiva, en azul claro la experiencial negativa y en color verde la experiencial positiva (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2). Gr: enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento).

De esta manera, en un análisis preliminar con los datos obtenidos mediante la técnica de la entrevista, un ambiente educativo informal como la sala *Agua elemento de la vida* tiende a incidir en aspectos del aprendizaje informal de tipo cognitivo, experiencial y afectivo de tipo positivo en esa jerarquía.

5.3 Fase III. Un ambiente de aprendizaje informal con variables controladas

Esta fase se diseñó en función de los resultados obtenidos en la anterior, dado que aunque una entrevista breve aporta datos precisos respecto al objeto de estudio se percibió que faltaba dar cuenta de la dimensión afectiva durante la interacción entre el visitante y los equipamientos interactivos en exposición, por lo tanto, se tomó la decisión de utilizar otra técnica de recolección de datos para fortalecer la información obtenida en la fase II de esta investigación.

Dadas las características de la visita a los museos y centros de ciencias en donde el acceso tiene un costo económico, el visitante asiste con la intención de aprovechar al máximo el tiempo dentro del ambiente educativo informal, por lo tanto, resulta complicado que las personas accedan a ser entrevistadas y cuando lo hacen las respuestas son breves y es común que muestren inquietud para quedarse más tiempo para responder. En este contexto se ha observado que el participante no profundiza en lo que está percibiendo en el ambiente educativo informal y no se logra registrar la experiencia en su totalidad.

Es por ello que en la fase III de esta investigación se recolectaron los datos mediante un registro en video en un escenario control sin investigador, con la finalidad de estudiar al museo de ciencias sin un personaje que influyera en el proceso del recorrido a la sala *Agua elemento de la vida*. Las categorías de análisis para esta fase se recuperan y reestructuran de la fase II por lo que el registro es de tipo cognitivo, afectivo y experiencial.

La muestra que participó en esta fase fue de jóvenes entre 13 y 17 años, organizados en seis grupos de escuela pública y un grupo de escuela privada, con los criterios de inclusión que se mencionaron en la sección 4.2.3, a saber:

- Grupos de amigos entre 13 y 17 años.
- Que al menos uno de los participantes perteneciera a alguna de las tres categorías de invitación: participantes del programa Jóvenes hacia la Investigación de la Dirección General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM, participantes del Programa Niñas y Niños Talento del Sistema Nacional para el Desarrollo Integral de la Familia de la Ciudad de México, participantes incluidos en la base de datos de los jóvenes que habían colaborado con el curso de verano de ciencias (ver, Diseño metodológico, Capítulo IV, Sección 4.8).

Como ya se mencionó, para el registro en video en esta fase de investigación se utilizó una cámara deportiva de video GoPro la cual fue colocada en la cabeza de uno de los jóvenes, ellos decidieron quién la llevaba y mantenía durante todo el recorrido en la sala *Agua elemento de la vida*. En esta fase, se optó por la utilización de este tipo de cámara debido a que el participante puede transportarla con facilidad y en un breve lapso de tiempo se vuelve parte de la dinámica de la visita al ambiente educativo informal.

Además, este protocolo incluyó un breve cuestionario para conocer las características e intereses de los jóvenes, descrito en la sección 4.6.4, el cual fue aplicado antes de dar inicio con la visita a la sala *Agua elemento de la vida* (ver, Anexo II).

Una vez obtenidos los videos, se realizó la transcripción de los diálogos en un archivo de Google Drive, después se elaboró un análisis de contenido detallado (Bermúdez, 1986) mediante el software Atlas ti (versión 8) y la observación por intervalos de tiempo para identificar las categorías cognitiva, experiencial y afectiva. En las siguientes secciones se describen a detalle los hallazgos encontrados en esta fase.

5.3.1 Resultados sociodemográficos de la fase III

En las características de la muestra de participantes en esta fase se obtuvo que el porcentaje de mujeres fue de 68.4% y de hombres fue de 31.6% (ver, Figura 15).

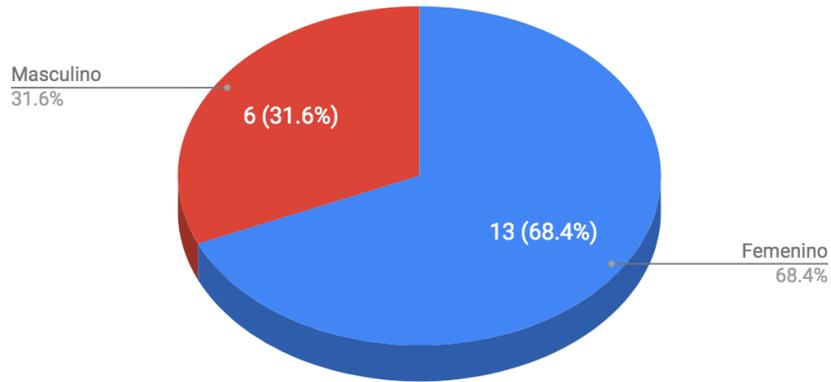


Figura 15. Género de las personas que participaron en la fase III. En color azul (68.4%) se indican las personas del género femenino y en color rojo (31.6%) las personas de género masculino.

El margen de edad que predominó en esta muestra fue de jóvenes de 17 años (63.2%) seguidos de 16 años (15.8%), de 13 años (15.8%) y de 14 años (5.3%), como se muestra en la Figura 16.

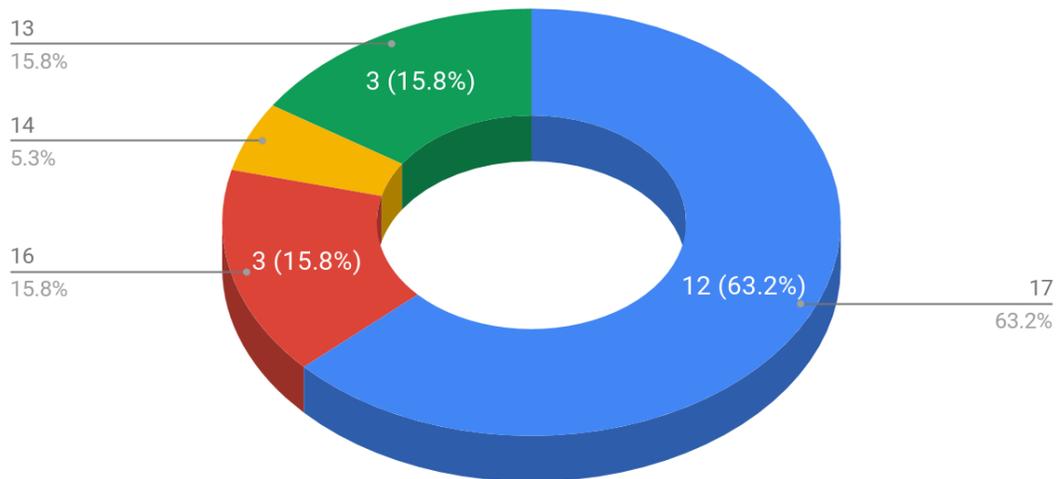


Figura 16. Edad de las personas que participaron en el registro en video. En color azul se indican los jóvenes que reportaron tener 17 años (63.2%), en color rojo los de 16 años (15.8%), en color verde los de 13 años (15.8%) y en color amarillo los de 14 años (5.3%)

En cuanto a su ubicación geográfica obtenida de los datos proporcionados por los jóvenes, se encontró que los lugares de donde provienen son las alcaldías Benito Juárez, Coyoacán, Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Tlalpan y Tláhuac de la Ciudad de México, así como de los municipios de Nezahualcóyotl y Ecatepec pertenecientes al Estado de México (ver, Figura 17), siendo un mayor porcentaje de asistencia los de la alcaldía Iztapalapa (9 jóvenes).

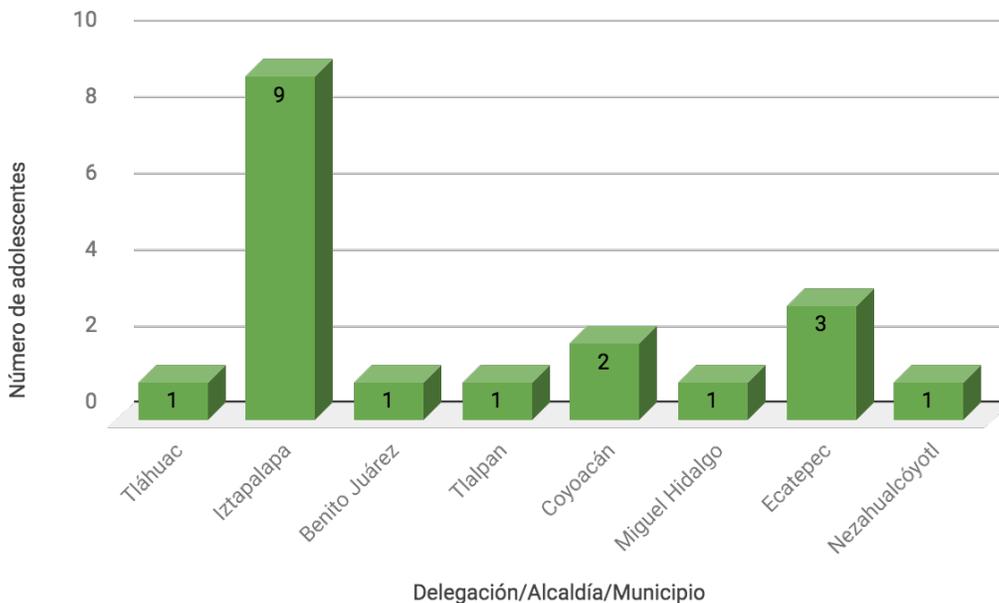


Figura 17. Ubicación geográfica de las personas que participaron en el registro en video realizado en la sala *Agua elemento de la vida*. La barra más grande indica a los nueve participantes provenientes de la alcaldía Iztapalapa.

Por lo tanto, se puede observar que respondieron a la invitación para participar en esta investigación desde diversos puntos de la Ciudad de México y del Estado de México. La Figura 18 muestra los lugares de procedencia de los participantes en esta investigación (color azul) con respecto a la ubicación de Universum Museo de las Ciencias señalado en color rojo. Los participantes del grupo 3 procedentes del municipio de Ecatepec, Estado de México fueron acompañados por una madre de familia durante toda la visita al museo de ciencias, el resto de los participantes acudieron en grupo sin la asistencia de adultos durante la visita.

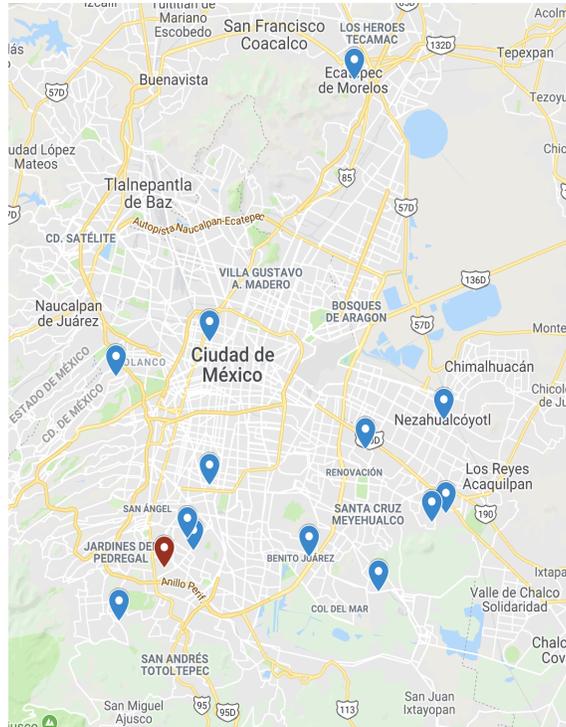


Figura 18. Lugares de procedencia de las personas que participaron en el registro en video. La señalética en color azul indica la ubicación geográfica de los participantes y el color marrón señala la ubicación de Universum Museo de las Ciencias.

Respecto al nivel educativo se observa que los participantes se encontraban en nivel secundaria y bachillerato de escuela pública y el grupo 7 de preparatoria privada (ver, Figura 19).

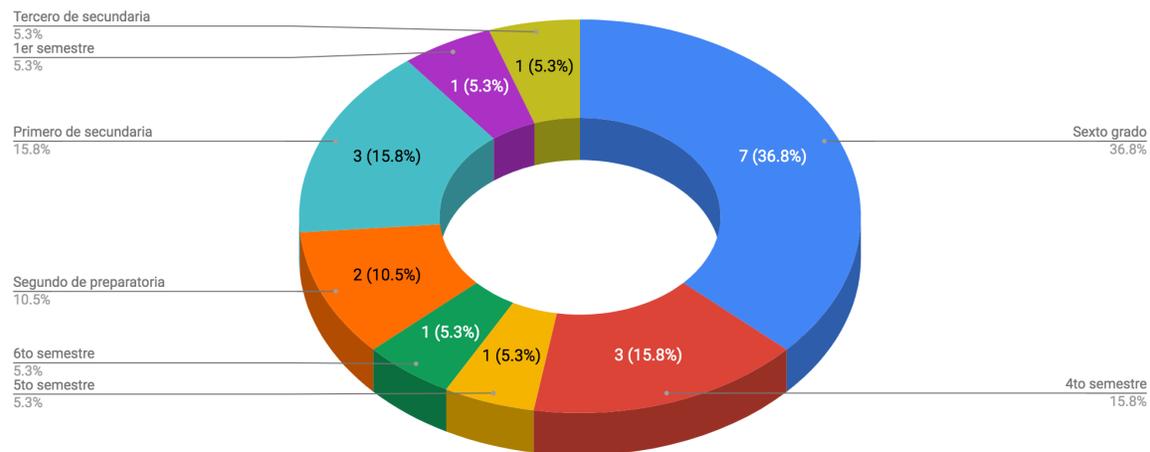


Figura 19. Nivel educativo de las personas que participaron en la grabación en video. En color azul (36.8%) los jóvenes que cursan el sexto grado de preparatoria, en color rojo (15.8%) lo de cuarto semestre de bachillerato, en color amarillo y verde (5.3%) los de quinto y sexto semestre, en color naranja (10.5%) los de segundo grado de preparatoria, en color cian (15.8%) los de primero de secundaria y en color violeta y verde claro (5.3%) los de primer semestre de bachillerato y los de tercero de secundaria.

5.3.2 Fase III. Resultados del cuestionario previo a la visita a la sala *Agua elemento de la vida*

Como se mencionó, los participantes en este estudio accedieron a responder a un cuestionario previo a la visita a la sala *Agua elemento de la vida* que daba cuenta de las características generales, la percepción del estudiante y su opinión respecto a la ciencia y la tecnología. De esta manera se logró conocer la escuela de procedencia de estos jóvenes, los participantes provenían de los siguientes planteles:

- Escuela Nacional Preparatoria No. 5 "José Vasconcelos"
- Escuela Nacional Preparatoria No. 2 "Erasmus Castellanos Quinto"
- Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente
- Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur
- Liceo Franco Mexicano

- Centro de Estudios Tecnológicos Industrial y de Servicios (CETis) 42
- Secundaria oficial Miguel Hidalgo 543
- Secundaria oficial Ramón López Velarde 140
- Secundaria oficial Dr. Carlos Casas Campillo 92

El cuestionario contiene tres secciones (ver, Anexo II), a saber, datos sociodemográficos descritos en la sección anterior (ver, Sección 5.3.1), contexto escolar (tres preguntas de opción múltiple y dos preguntas abiertas) y actividades de ocio (dos preguntas de opción múltiple y una pregunta abierta).

Respecto al contexto escolar para la pregunta ¿qué tan buen estudiante te consideras? (siendo cinco (5) si eres un estudiante que le vaya muy bien en la escuela y uno (1) si eres un estudiante que le va mal), se encontró que los 19 participantes se perciben como buenos estudiantes (ver, Figura 20), es decir, consideraron que son estudiantes a los que les va bien en la escuela y se otorgaron una puntuación entre 3 y 5.

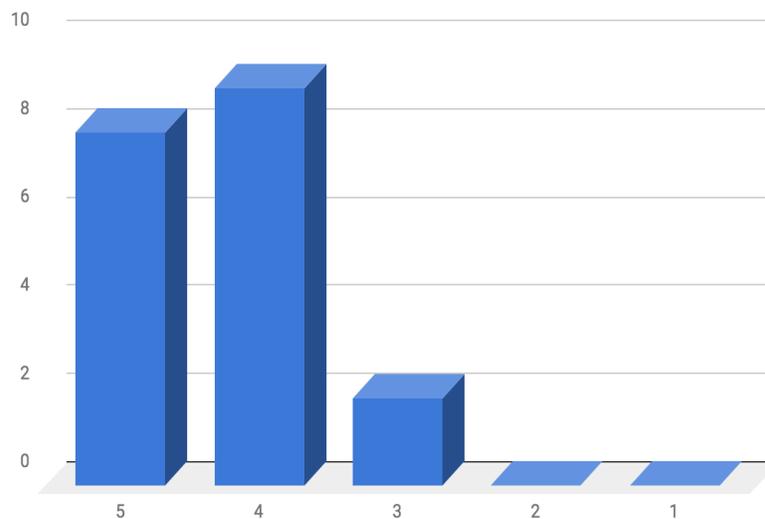


Figura 20. Percepción del tipo de estudiante. Basado en una escala del 1 al 5 donde cinco (5) significa que el participante se considera un estudiante al que le va muy bien en la escuela y uno (1) si considera que es un estudiante al que le va mal en la escuela.

En la pregunta 3 del contexto escolar que aporta información respecto a los intereses escolares y el posible interés con lo que exponen los museos y centros de ciencias, todos los participantes reportaron tener interés en las materias de ciencia y tecnología. Los jóvenes emitieron los siguientes comentarios adicionales en la pregunta ¿por qué? (transcripción literal):

1. *“Puedes descubrir cosas más fácil e innovar” (mujer, 17 años, preparatoria).*
2. *“Gracias a que estas se combinan se pueden crear, conocer y descubrir las miles de cosas que hay” (mujer, 17 años, preparatoria).*
3. *“Por los nuevos avances que descubrimos cada vez más” (mujer, 17 años, preparatoria).*
4. *“Los resultados a los que se pueden llegar son muy interesantes” (hombre, 17 años, CCH)*
5. *“Porque me agrada la idea de conocer acerca de la ciencia en general” (mujer, 17 años, CCH).*
6. *“Son un complemento para mi formación profesional” (mujer, 17 años, CCH).*
7. *“Entiendes más lo que hay a tu alrededor” (mujer, 17 años, preparatoria privada).*
8. *“Descubres cada vez cosas fascinantes” (mujer, 16 años, preparatoria privada).*
9. *“Porque una también de las que me gusta y que me enseña robótica” (hombre, 13 años, secundaria).*
10. *“Son avances y descubrimientos sobre la humanidad y el entorno” (mujer, 13 años, secundaria).*
11. *“Casi de todo lo que vivimos más o menos” (mujer, 13 años, secundaria).*
12. *“Tienen relación con las cosas cotidianas y nos hacen aprender mejor el entorno” (mujer, 16 años, CCH).*
13. *“La investigación es buena para estas actividades y ahí encuentro gran parte de mi interés” (hombre, 17 años, preparatoria).*
14. *“Me gusta mucho el campo científico” (hombre, 17 años, preparatoria).*
15. *“Me gusta aprender, descubrir, conocer el mundo científico que da el por qué de las cosas” (mujer, 17 años, preparatoria).*
16. *“Las ciencias me gustan porque puedo descubrir cómo funciona el mundo en que vivo” (mujer, 16 años, CCH)*
17. *“Suena atractivo e interesante” (hombre, 17 años, CETis)*

18. "Son materias en las que te ayudan en tu vida diaria" (mujer, 14 años, secundaria)

19. "Es agradable entender cosas que nos rodean cotidianamente" (hombre, 17 años, preparatoria).

Otra pregunta que exploró los intereses escolares fue ¿cuál es tu materia favorita en la escuela?, se diseñó de manera abierta para permitir que el participante mencionara lo que más le atrae. Se encontró una diversidad de preferencias enfocadas a las ciencias naturales en los 19 participantes, con un 25% en la materia de Biología. Se registraron 20 respuestas debido a que uno de los participantes escribió dos materias favoritas, esto se relaciona con las características de inclusión para participar en esta investigación, el detalle de las mismas se expresa en la siguiente Figura:

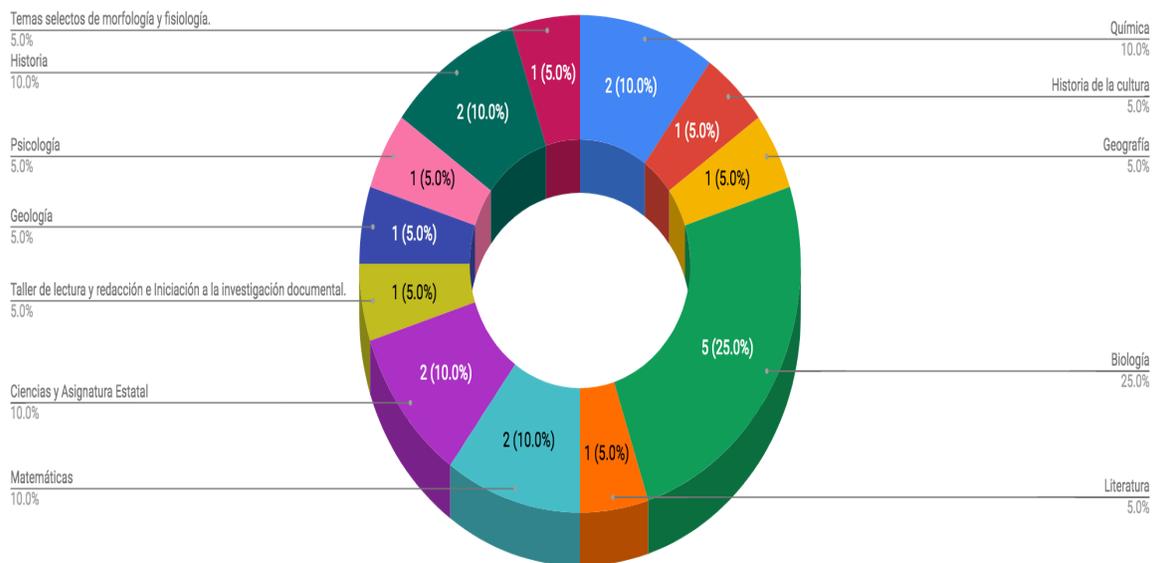


Figura 21. Asignaturas que prefieren los jóvenes que participaron en la fase III. En verde claro (25%) biología. En naranja, verde limón, azul oscuro, rosa, rojo, naranja oscuro (5%) literatura, taller de lectura y redacción e iniciación a la investigación documental, geología, psicología, temas selectos de morfología y fisiología, historia de la cultura, geografía. En cian, violeta, verde oscuro, azul claro (10%) matemáticas, historia y química.

Otra de las preguntas de gran relevancia en esta investigación fue para conocer en dónde escuchan los jóvenes que se habla de ciencia y tecnología, con la intención de saber si los ambientes educativos informales forman parte de sus entornos educativos de interés, para esta pregunta de selección múltiple se encontró que los jóvenes tienen contacto con aspectos de ciencia y tecnología en la escuela (18 respuestas), en internet (9 respuestas), entre amigos (5 respuestas), en la televisión (4 respuestas), en familia (3 respuestas), en la radio (2 respuestas) como se observa en la Figura 22.

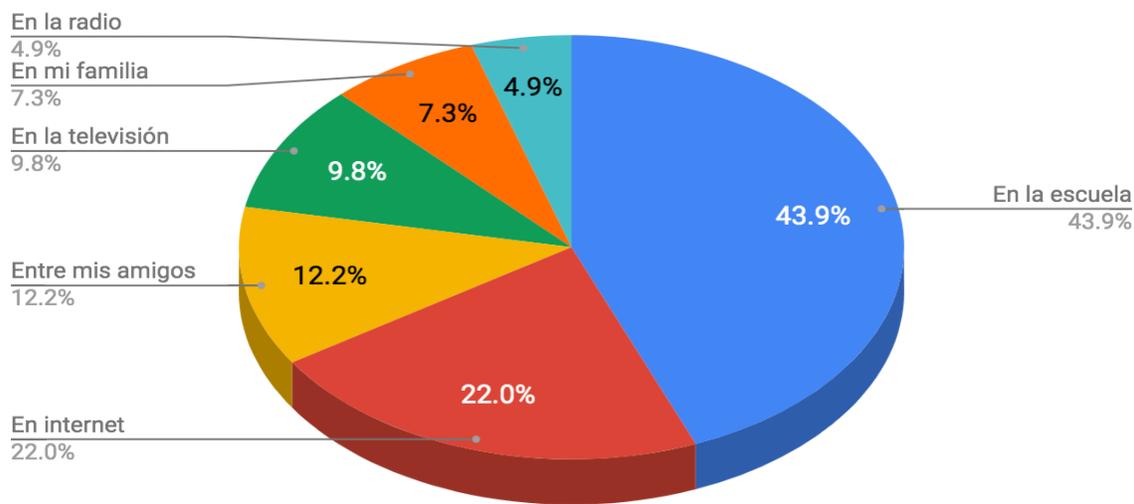


Figura 22. Lugares en donde los participantes han escuchado hablar de ciencia y tecnología. En color azul se muestra la categoría en la escuela con un 43.9%, en rojo en internet (22%), en amarillo entre mis amigos (12.2%), en verde en la televisión (9.8%), en naranja en mi familia (7.3%) y en cian en el radio (4.9%).

Por otro lado, se exploró si los jóvenes que participaron en esta investigación tienen alguna actividad extraescolar como parte de su vida cotidiana, esto con la intención de conocer las preferencias en cuanto a las actividades de ocio y de administración del tiempo libre que tienen los participantes. En esta pregunta se encontró que el 63.2% de los jóvenes que participaron en esta investigación practican alguna actividad extraescolar, tales como natación, danza contemporánea, coro, piano,

cursos de sistemas, baile, música, dar asesorías académicas a pares, kick boxing y jazz. Por lo tanto, los grupos de amigos que asistieron a la visita a la sala *Agua elemento de la vida* se conocían desde la escuela, en la actividad extraescolar o por su ubicación geográfica.

Finalmente, la última pregunta del cuestionario exploró las actividades que han realizado los jóvenes con su familia en los últimos doce meses (ver, Figura 23), se encontró que las actividades más frecuentes son la visita a los centros comerciales (17.2%), la asistencia al cine (14.1%) y la visita a los parques, reservas naturales, jardines botánicos o zoológicos (13.1%). La visita a los museos o centros culturales se reportan con un 11.1%, seguidos de la asistencia al teatro, circo o espectáculos de danza con un 10.1%, y acudir a conciertos, recitales, presentaciones de música (9.1). Las actividades menos frecuentes en estos participantes fueron la participación en fiestas populares (7.1%) y la asistencia a la biblioteca (3%).

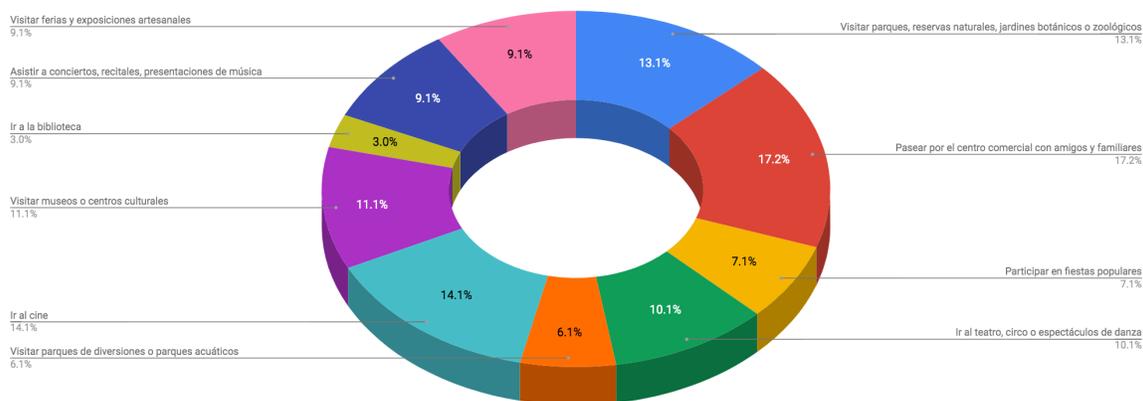


Figura 23. Preferencia de actividades en los últimos doce meses. Las actividades más frecuentes son la visita a los centros comerciales (17.2%), la asistencia al cine (14.1%) y la visita a los parques, reservas naturales, jardines botánicos o zoológicos (13.1%). La visita a los museos o centros culturales se reportan con un 11.1%, seguidos de la asistencia al teatro, circo o espectáculos de danza con un 10.1%, y acudir a conciertos, recitales, presentaciones de música con un 9.1%. Las actividades menos frecuentes en estos jóvenes fue la participación en fiestas populares (7.1%) y asistir a la biblioteca (3%).

5.3.3 Fase III. De las categorías de análisis del aprendizaje informal en la sala *Agua elemento de la vida*.

Para el análisis del registro en video de la visita a la sala *Agua elemento de la vida*, se organizó un archivo en Google Drive para cada grupo participante que incluye los siguientes elementos: los videos por intervalos en minutos, la transcripción de los diálogos y la codificación de las categorías de análisis.

Las categorías de análisis se recuperan y reconstruyen a partir de los datos obtenidos de la fase II de esta investigación, así la definición de cada una de ellas es la siguiente:

- Categoría afectiva positiva: opiniones o expresiones verbales que están relacionadas con las emociones básicas positivas del ser humano como la alegría y las emociones positivas compuestas como el entusiasmo, orgullo.
- Categoría afectiva negativa: opiniones o expresiones verbales vinculadas con emociones básicas negativas del ser humano, como tristeza, enojo, miedo y las emociones negativas compuestas como indiferencia, aburrimiento, frustración, ya sea que estén relacionados con la exposición o con la temática de la sala *Agua elemento de la vida*.
- Categoría cognitiva positiva: son opiniones vinculadas con conceptos o ideas de ciencia, afirmaciones de algo que ya se sabía, asociación de un conocimiento previo con algo nuevo, comprensión de las instrucciones a seguir.
- Categoría cognitiva negativa: son opiniones negativas vinculadas con la temática de la sala respecto a conceptos o ideas de ciencia, afirmaciones de que ya se sabía lo que la exposición le presenta y muestra desinterés, asociación negativa de un conocimiento previo con un tema nuevo, dudas explícitas acerca de las instrucciones a seguir.
- Categoría experiencial positiva: opinión y/o conducta positiva asociada con cómo fue su experiencia dentro del ámbito educativo informal; fue algo bueno,

me pareció interesante, es bonito, fue una experiencia interesante, actividad motivante, conducta motivada, interés, entre otras.

- Categoría experiencial negativa: opinión y/o conducta negativa asociada con cómo fue su experiencia dentro del ámbito educativo informal tales como, actividad complicada, no encontré nada bueno, hice algo pero me tardé en completar la actividad, moví un objeto y no entendí para qué, no tuve acceso a los equipamientos interactivos por estar en mantenimiento.

5.3.4 Fase III. Resultados del registro en video en la sala Agua elemento de la vida.

Para el análisis de estos datos cualitativos se realizó una revisión de los videos obtenidos para tomar la decisión del tipo de análisis que se requería. Una vez que se optó por análisis de datos cualitativos con el software Atlas ti (versión 8), se realizó la identificación de las características sociodemográficas de cada grupo, la transcripción de los diálogos presentes en cada uno de los videos y se determinó el tipo de visita que seleccionaron los grupos (ver, Tabla 13), de esta forma se logró la descripción de tres tipos de visita: búsqueda de información a solicitud de una guía de museo, visita libre sin mediación (actividad a cargo de un guía de museo) y visita libre con una interacción con un guía de museo.

La dinámica de búsqueda de información con una guía de museo se presentó en los grupos 1 y 2, aunque el tiempo que le dedicaron a esta búsqueda fue muy diferente entre ambos grupos, uno le dedicó 6 minutos y el otro 84 minutos. La dinámica de visita libre sin interacción con guías se presentó en los grupos 3, 4 y 6, fueron visitas de 45:46, 19 y 42:23 minutos respectivamente, en donde interactuaron con más del 50% de los equipamientos interactivos que exhibe la sala *Agua elemento de la vida*.

Finalmente, para la dinámica de visita libre con una sola interacción con guía se presentó en los grupos 5 y 7 (ver, Figura 24), son visitas con una duración de 58:46 y 42:45 minutos con interacción en más del 50% de los equipamientos interactivos. Esta información indica que los jóvenes tienen diferentes preferencias al visitar los ambientes educativos informales y dentro de su elección está la forma con la que los guías de museo organizan la dinámica de cada sala.



Figura 24. Ejemplo de dinámica de búsqueda de información con guía anfitriona. Grupo 2, video 2, minuto 13:11. En la fotografía se observa a un joven de bachillerato quien está interactuando con las piezas del equipamiento interactivo denominado *Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica*, al frente se encuentra la guía anfitriona quien menciona cómo se usa y brinda información del agua y la construcción de ambientes urbanos.

Tabla 13

Características de los grupos y tipo de visita seleccionada

Grupo	Muestra/participantes	Características	Tiempo total de grabación
1	Tres mujeres, 17 años. Género: Femenino Edad: 17 años Alcaldía: Iztapalapa Grado escolar: bachillerato	Dinámica de búsqueda de información con una guía-anfitriona.	6 minutos 18 segundos
2	Tres hombres y una mujer, 17 años. Género: Mixto Edad: 17 años Alcaldía: Iztapalapa Grado escolar: preparatoria	Dinámica de búsqueda de información con una guía-anfitriona para entrar al módulo de realidad virtual.	84 minutos 38 segundos
3	Dos mujeres (14 y 16 años) y un hombre (17 años). Género: Mixto Edad: de 14 hasta 17 años Alcaldía: Iztapalapa	Dinámica de visita libre, no se presenta interacción con las guías-anfitrionas, poco diálogo entre los participantes.	45 minutos 46 segundos

	Grado escolar: secundaria y bachillerato.			
4	Dos mujeres y un hombre, 13 años. Género: Mixto Edad: 13 años Municipio: Ecatepec Grado escolar: secundaria	Dinámica de visita libre, no se presenta interacción con las guías-anfitrionas de la sala. La madre de familia estuvo esperando todo el tiempo del estudio.	19 minutos	
5	Tres mujeres, 17 años. Género: Femenino Edad: 17 años Alcaldía: Tláhuac, Iztapalapa y Benito Juárez Grado escolar: bachillerato	Dinámica de visita libre, con interacción con una guía-anfitriona por iniciativa de esta.	58 minutos 46 segundos	
6	Un hombre y dos mujeres, 17 años. Género: Mixto Edad: 17 años Alcaldía: Tlalpan, Coyoacán Grado escolar: bachillerato	Dinámica de visita libre, ninguna interacción con un guía-anfitrión.	42 minutos 23 segundos	
7	Dos mujeres, 17 y 16 años. Género: Femenino Edad: 16 y 17 años Alcaldía: Iztapalapa y Miguel Hidalgo Grado escolar: preparatoria privada	Dinámica de visita libre con una interacción con un guía-anfitrión.	42 minutos 05 segundos	

En el proceso de transcripción de los diálogos de cada grupo, se tuvo la necesidad de redactar párrafos de contexto para conocer el espacio en el que se encuentran y cómo es la interacción con el equipamiento interactivo (ver, Tabla 14), para ello se analizó con precisión cada uno de los videos de los 7 grupos que participaron en esta investigación.

Tabla 14

Ejemplo de transcripción de diálogo con contexto de la sala Agua elemento de la vida

Grupo 4. Integrado por dos mujeres y un hombre

Género: Mixto

Edad: 13 años

Municipio: Ecatepec

Nivel educativo: Secundaria

Características generales del registro en video: para este cuarto grupo se realizó el registro en video de toda la visita por intervalos, se grabaron tres videos, uno de presentación (1 minuto) y dos de visita (de 17:43 y uno de 59 segundos).

Se dirigen hacia otra sección de la sala, se detienen en el juego para dos participantes.

Ángel: ¿Qué tenemos que hacer?

Cristina: Es importante desarrollar... *(lectura de instrucciones)*

Ángel: Léelo todo
Cristina: Pérate ¿noo?
Siomara: nooo
Cristina: (*lectura de información del equipamiento interactivo*) ... si es importante construir más autopistas pero con algunas horas de uso para el transporte colectivo necesidad de acote de carreteras para... pérate (*se dirige a Ángel quien intenta accionar otra área de la pantalla*)
Siomara: A ver
Ángel: ¿Y si vamos a otro?
Siomara: ¡Aah! estamos moviendo casas
Ángel: Ahora sigo yo, sigo yo
Siomara: Áreas verdes, vas
Ángel: A ver dice... la gestión de caminos urbanos se vuelve una necesidad tipo ambiental y social ¿qué harías para reducir el consumo del agua en estos espacios? (*lectura de información del equipamiento interactivo*)
Cristina: Yo digo que la primera
Siomara: La primera
Ángel: No, espérame (*lectura de información en voz baja*)
Siomara: ¡vas! (*ordena que accione la respuesta en la pantalla*)
Ángel: Sí, la primera
Seleccionan la primera respuesta y observan la pantalla
Siomara: Ya me aburrí (*se dirige hacia Cristina y Ángel*)
Cristina: Ok vámonos
Ángel: Sí vámonos
Termina la interacción en este equipamiento interactivo

Además, se realizó una revisión de los equipamientos interactivos de la sala *Agua elemento de la vida* con los cuales interactuaron los participantes, así como la identificación de la lectura de información que se presentan en las cédulas informativas, las instrucciones escritas y los señalamientos del espacio educativo, los detalles se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15

Interacción con los equipamientos interactivos de la sala Agua elemento de la vida y la lectura de información. En la columna izquierda se muestra el número del grupo, en la central el nombre de los equipamientos interactivos con los que interactuaron durante la visita y en la columna de la derecha se muestra el equipamiento en donde leyeron algún tipo de información, ya sea con fines de comprender las instrucciones o bien lectura de las cédulas informativas.

Grupo	Equipamientos-interacción	Lectura de información
1	1. Agua, valor, costo y precio. 2. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica. 3. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcetajes.	1. Agua, valor, costo y precio (información del equipamiento interactivo) 2. El agua tiene memoria. 3. El agua que usas siempre regresa al ambiente.

	4. Agua virtual-código de barras	
2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción-videomapping 2. Cuenca hidrográfica-rompecabezas 3. Cuenca hidrográfica-realidad virtual 4. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes. 5. Riego de cultivos-báscula 6. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic 7. Ámbito urbano y rural-juego 8. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica. 9. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones. 10. Obras hídricas: manejo del agua en la ciudad de México. 11. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable 12. Agua virtual-código de barras 13. Cuánta agua utilizas 14. Deleite del agua-espacio sensorial 15. Agua, valor, costo y precio 16. Derecho humano del agua 17. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica. 18. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes. 19. Agua como soporte de vida-ecosistemas ruleta. 20. Cuenca hidrográfica-rompecabezas 21. Introducción- videomapping 22. Cuenca hidrográfica-realidad virtual 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agua como soporte de vida-ecosistemas acuáticos (información de la ruleta). 2. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes (información del equipamiento interactivo) 3. Riego de cultivos-báscula (información del equipamiento interactivo) 4. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic (información del equipamiento interactivo) 5. Ámbito urbano y rural-juego (información del equipamiento interactivo) 6. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos (información del equipamiento interactivo) 7. Obras hídricas: manejo del agua en la Ciudad de México (información del equipamiento interactivo) 8. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable (cédulas de mano, información del equipamiento interactivo) 9. Agua virtual-código de barras (información del equipamiento interactivo) 10. Cuánta agua utilizas (información del equipamiento interactivo) 11. Espacio sensorial (frases del equipamiento interactivo) 12. Agua, valor, costo y precio (información del equipamiento interactivo) 13. Derecho humano del agua (información del equipamiento interactivo) 14. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica (lectura de instrucciones) 15. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos (lectura de instrucciones) 16. Agua como soporte de vida-ecosistemas ruleta (información del equipamiento interactivo) 17. Cuenca hidrográfica-

		rompecabezas (cédula)
3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción-videomapping 2. Agua en el Universo-audios de planetas 3. Agua dulce en México-mapa regleta 4. Cuenca hidrográfica-rompecabezas. 5. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes. 6. Riego de cultivos-báscula. 7. Obras hídricas: manejo del agua en la ciudad de México. 8. Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM/Pumagua. 9. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable-tuberías. 10. Cuánta agua utilizas 11. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica. 12. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos. 13. Agua virtual 14. Deleite del agua-espacio sensorial 15. Derecho humano al agua-trébol. 16. Cuánta agua utilizas. 17. Agua como soporte de vida-ecosistemas ruleta. 18. Agua en el Universo-audios 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agua en el Universo-audios de planetas (información del equipamiento interactivo) 2. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes (información del equipamiento interactivo). 3. Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM/Pumagua (información del equipamiento interactivo). 4. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica (información del equipamiento interactivo). 5. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos (información del equipamiento interactivo). 6. Agua virtual (información del equipamiento interactivo). 7. Deleite del agua-espacio sensorial (palabras escritas en las paredes). 8. Agua como soporte de vida-ecosistemas ruleta (información del equipamiento interactivo). 9. Agua en el Universo (información del equipamiento interactivo).
4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agua como soporte de vida-ecosistemas ruleta. 2. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes. 3. Riego de cultivos. 4. Obras hídricas: manejo del agua en la ciudad de México. 5. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos. 6. Ámbito urbano y rural-juego. 7. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica. 8. Agua virtual. 9. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable-tuberías. 10. Cuánta agua utilizas. 11. Valor, costo y precio. 12. Derecho humano al agua. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agua como soporte de vida-ecosistemas ruleta (información del equipamiento interactivo). 2. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes (información del equipamiento interactivo). 3. Riego de cultivos (información del equipamiento interactivo). 4. Obras hídricas: manejo del agua en la Ciudad de México (información del equipamiento interactivo). 5. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos (información del equipamiento interactivo). 6. Ámbito urbano y rural-juego (información del equipamiento interactivo).

	<ul style="list-style-type: none"> 13. Deleite del agua-espacio sensorial 14. Valor, costo y precio. 15. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic 16. Océanos-simulador esférico. 17. Ciclo del agua. 18. Agua dulce en México. 19. Agua en el Universo-audios. 20. Cuenca hidrográfica-realidad virtual. 21. Agua en el Universo-audios. 22. Cuenca hidrográfica-realidad virtual. 	<ul style="list-style-type: none"> 7. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica (información del equipamiento interactivo). 8. Agua virtual (información del equipamiento interactivo). 9. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable-tuberías (información del equipamiento interactivo). 10. Cuánta agua utilizas (información del equipamiento interactivo). 11. Valor, costo y precio (información del equipamiento interactivo). 12. Derecho humano al agua (información del equipamiento interactivo). 13. Valor, costo y precio (información del equipamiento interactivo). 14. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic (información del equipamiento interactivo). 15. Ciclo del agua (información del equipamiento interactivo).
5	<ul style="list-style-type: none"> 1. Cuenca hidrográfica-rompecabezas. 2. Agua como soporte de vida-ecosistemas ruleta. 3. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes. 4. Riego de cultivos-báscula. 5. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic 6. Obras hídricas: manejo del agua en la ciudad de México-dos videos. 7. Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM/Pumagua 8. Agua virtual. 9. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica. 10. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable-tuberías. 11. Valor, costo y precio. 12. Derecho humano al agua-rompecabezas trébol. 13. Ámbito urbano y rural-juego. 14. Océanos-simulador esférico. 15. Agua en el Universo-audios. 16. Agua dulce en México-regleta. 17. Ciclo del agua-multimedia pantalla. 18. Introducción-videomapping 	<ul style="list-style-type: none"> 1. Cuenca hidrográfica-rompecabezas (información del equipamiento interactivo). 2. Agua como soporte de vida-ecosistemas ruleta (información del equipamiento interactivo). 3. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes (información del equipamiento interactivo). 4. Riego de cultivos-báscula (información del equipamiento interactivo). 5. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic (información del equipamiento interactivo). 6. Obras hídricas: manejo del agua en la Ciudad de México-dos videos (información del equipamiento interactivo). 7. Cédula: Para que no te atrape el agua ¡infórmate! 8. Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM/Pumagua (información del equipamiento interactivo). 9. Agua virtual (información del equipamiento interactivo). 10. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos:

		<p>memoria hídrica (información del equipamiento interactivo).</p> <p>11. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable-tuberías (información del equipamiento interactivo).</p> <p>12. Lectura de cédulas de mano del equipamiento de las tuberías.</p> <p>13. Valor, costo y precio.</p> <p>14. Cédula: Océanos, reguladores térmicos.</p>
6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción-videomapping 2. Agua en el Universo-audios. 3. Cuenca hidrográfica-rompecabezas. 4. Agua dulce en México-regleta. 5. Ciclo del agua-multimedia pantalla. 6. Riego de cultivos-báscula. 7. Agua como soporte de vida-ecosistemas ruleta. 8. Océanos-simulador esférico. 9. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic 10. Obras hídricas: manejo del agua en la ciudad de México-dos videos. 11. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos. 12. Ámbito urbano y rural-juego. 13. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica. 14. Agua virtual. 15. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable-tuberías. 16. Cuánta agua utilizas. 17. Valor, costo y precio. 18. Derecho humano al agua-rompecabezas trébol. 19. Deleite del agua-espacio sensorial 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lectura de cédula ¿cómo surgió el agua en la Tierra? 2. Agua dulce en México-regleta (información del equipamiento interactivo). 3. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic (información del equipamiento interactivo). 4. Obras hídricas: manejo del agua en la Ciudad de México-dos videos (información del equipamiento interactivo). 5. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos (información del equipamiento interactivo). 6. Ámbito urbano y rural-juego (información del equipamiento interactivo). 7. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica (información del equipamiento interactivo). 8. Agua virtual (información del equipamiento interactivo). 9. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable-tuberías (información del equipamiento interactivo). 10. Cuánta agua utilizas (información del equipamiento interactivo). 11. Valor, costo y precio (información del equipamiento interactivo). 12. Derecho humano al agua-rompecabezas trébol (información del equipamiento interactivo).
7	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción-videomapping 2. Agua en el Universo-audios. 3. Agua dulce en México-regleta. 4. Cuenca hidrográfica-rompecabezas. 5. Océanos-simulador esférico. 6. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agua en el Universo-audios (información del equipamiento interactivo). 2. Agua dulce en México-regleta (información del equipamiento interactivo). 3. Lectura de cédula... océanos Pacífico y Atlántico.

<ul style="list-style-type: none"> 7. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes. 8. Riego de cultivos-báscula. 9. Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM/Pumagua 10. Obras hídricas: abastecimiento de agua potable-tuberías. 11. Agua virtual. 12. Cuánta agua utilizas. 13. Valor, costo y precio. 14. Derecho humano al agua-rompecabezas trébol. 15. Deleite del agua-espacio sensorial. 16. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica. 17. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos. 18. Cuenca hidrográfica-realidad virtual. 	<ul style="list-style-type: none"> 4. Calidad y salud/contaminantes y salud-cómic (información del equipamiento interactivo). 5. Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas-porcentajes (información del equipamiento interactivo). 6. Riego de cultivos-báscula (información del equipamiento interactivo). 7. Programa de manejo, uso y reúso del agua en la UNAM/Pumagua (información del equipamiento interactivo). 8. Agua virtual (información del equipamiento interactivo). 9. Cuánta agua utilizas (información del equipamiento interactivo). 10. Derecho humano al agua-rompecabezas trébol (información del equipamiento interactivo). 11. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: memoria hídrica (información del equipamiento interactivo). 12. Riesgos asociados a fenómenos meteorológicos extremos: daños por inundaciones-periódicos (información del equipamiento interactivo).
--	---

Estos datos expresados gráficamente (ver, Figuras 25, 26 y 29) indican en primer lugar que el grupo 1 fue el que interactuó con menos equipamientos interactivos en la exposición mientras que el grupo 2 y el 4 interactuaron con el 95% de los equipamientos interactivos que integran la sala *Agua elemento de la vida*. Los grupos 3, 5, 6 y 7 interactuaron con más del 50% de los equipamientos interactivos lo cual expresa un porcentaje alto y muestra un interés por el ambiente educativo informal.

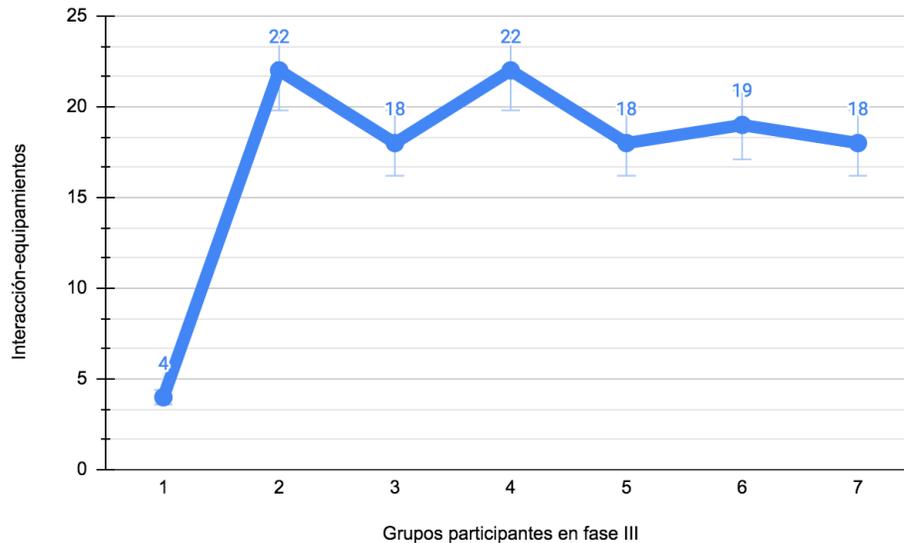


Figura 25. Número de equipamientos interactivos con los que interactuaron los jóvenes. En el eje vertical se muestra el número total de equipamientos interactivos con los que interactuaron los 7 grupos. En el eje horizontal se muestran los 7 grupos que participaron en la fase III de esta investigación.

Sin embargo, esta información no refleja la calidad de la interacción, dado que el participante puede pasar y quedarse poco tiempo o bien, pasar y resolver la actividad, por lo tanto, se decidió tener presente este factor en el análisis de los datos. En la Figura 26, se observa el tiempo total de la visita por cada grupo, otro aspecto fundamental para comprender el interés que muestra el participante por los equipamientos interactivos de la exposición, en este sentido, el grupo 2 integrado por cuatro jóvenes de bachillerato, fue el que permaneció más tiempo en la sala *Agua elemento de la vida*, quienes interactuaron con 22 de los 23 equipamientos interactivos. Los grupos que registraron menor tiempo en su visita son el grupo 1 (tres mujeres de bachillerato) con una interacción en 4 equipamientos interactivos y el grupo 4 (tres jóvenes de secundaria) quienes interactuaron con 22 equipamientos interactivos por periodos cortos de tiempo.

Uno de los aspectos más relevantes en los estudios de museos de ciencias es el nivel de atención que muestran los visitantes durante su recorrido (Bitgood, 2011). De acuerdo con Bitgood (2011) hay dos tipos de atención en un museo, el nivel de enfoque que se refiere a observar las exposiciones por pocos segundos y tocar

brevemente los equipamientos interactivos y el nivel de involucramiento que aspira a que el visitante realice una lectura de los textos, discuta los contenidos y exprese sentimientos (aspectos afectivos). En esta fase de la investigación se observó que los jóvenes participantes del grupo 4 (nivel secundaria) mostraron el nivel de atención de enfoque y el resto de los grupos el nivel de involucramiento con la mayoría de las actividades de la sala.

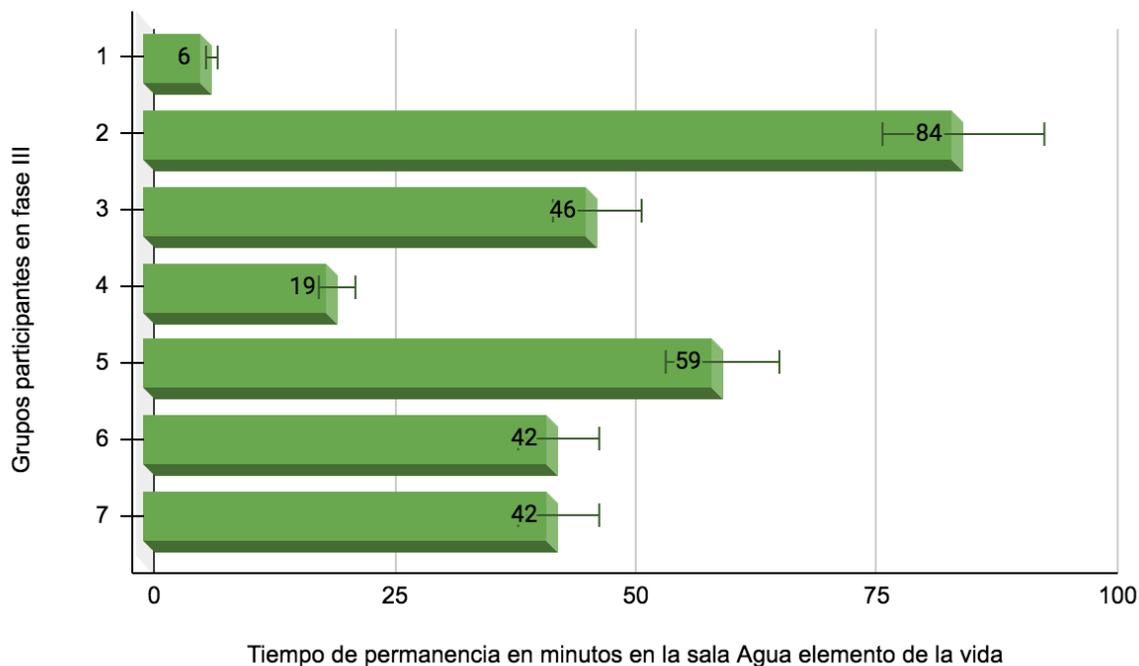


Figura 26. Tiempo total de la visita registrada en video para cada grupo participante en la fase III. En el eje vertical se muestran los datos de los 7 grupos y en el eje horizontal, el tiempo de permanencia en la ambiente educativo informal.

Otro aspecto relevante que se rescata del análisis de los videos es la lectura de la información, dado que como se mencionó, muchos museos y centros de ciencias se valen de este recurso escrito para incorporar ideas y/o conceptos de ciencia que complementan la información que se desea comunicar a los visitantes. En esta investigación resultó relevante la lectura en específico de la información que proporcionan los equipamientos interactivos de la sala *Agua elemento de la vida* (ver, Figura 27), no así de las cédulas de información que son las que mayor texto escrito contienen.

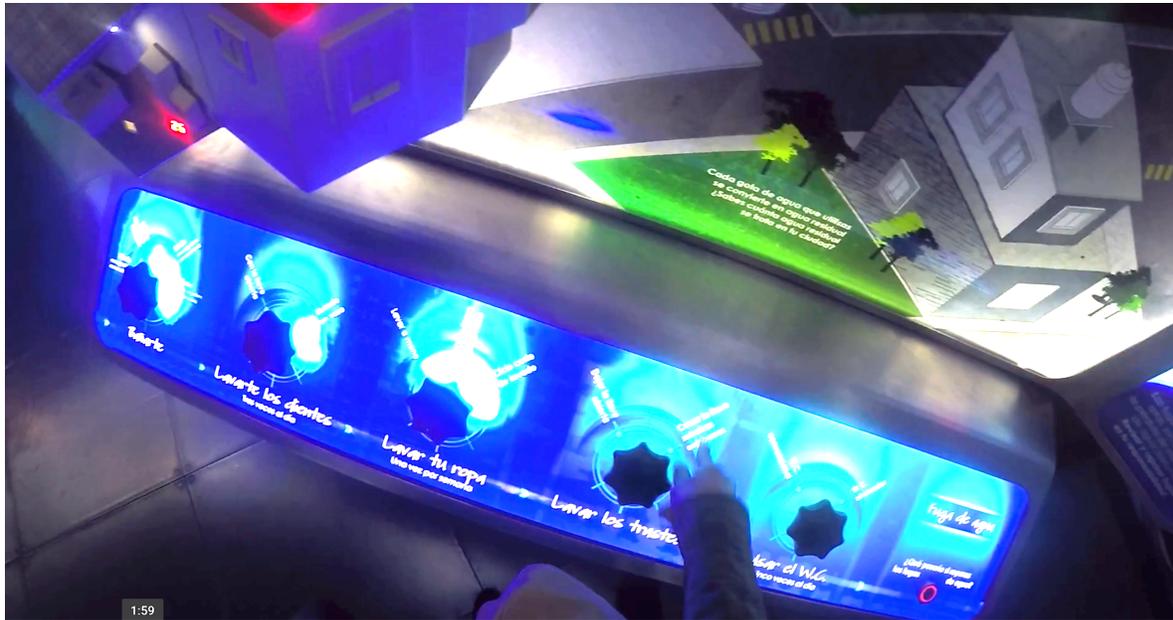


Figura 27. Ejemplo de lectura de información de un equipamiento interactivo. Grupo 2, video 4, minuto 2:40. En la fotografía puede observarse la interacción de una joven con el equipamiento interactivo *Cuánta agua utilizas*, ella lleva la cámara de video y señala con la mano derecha la lectura de cuánta agua se utiliza al lavar los trastes si se cierra la llave mientras enjabona.

Como se muestra en la Figura 27, la lectura está vinculada en la mayoría de los casos con la interacción con el equipamiento interactivo, pocas son las excepciones en donde el participante interactuó con el equipamiento sin leer el contenido escrito como es el caso del grupo 3. En este eje se puede observar que los grupos 2 y 4, que son los que invirtieron mayor tiempo en su visita también son los grupos que leyeron los contenidos escritos.

En esta investigación se encontró que los índices de lectura de la información contenida en los equipos es mucho más alta que la información de las cédulas temáticas de información con textos largos (o de introducción a las secciones), las cuales frecuentemente son ignoradas. Esta observación coincide con lo que se reporta en la literatura relacionada con la lectura y el aprendizaje (Wang y Yoon, 2013). Otro aspecto relevante es que la información que tiene demasiados

tecnicismos o términos técnicos, resulta confusa para los lectores, como se observa en el siguiente fragmento de la transcripción del registro en video:

Se desplazan hacia otra sección de la sala. Se detienen en el equipamiento interactivo Valor, costo y precio, realizan la lectura de la información.

Céline: Esto es muy de economía

Melisa: Yo no sé de economía

Céline mueve las piezas del equipamiento de manera rápida, las pasa una a una.

Melisa: ¡Pero lee! (utiliza un tono alto de voz)

Melisa: llevamos 37 minutos (mira el contador de la cámara)

Céline: (menciona algo inentendible)

jajaja



Figura 28. Ejemplo de poca o nula lectura de información con tecnicismos o términos técnicos que resultan confusos para los jóvenes. En la fotografía se muestra la situación descrita en la columna izquierda, la joven de preparatoria privada interactúa con el equipamiento interactivo *Valor, costo, precio*, observa los textos y comenta que es muy de economía al mismo tiempo que mueve los niveles sin detenerse a leer los textos escritos. La interacción es breve y abandonan el equipamiento.

En la siguiente Figura se observa la cantidad de textos que leyó cada grupo, nuevamente se encuentra el factor de conocer si la lectura fue total o parcial, así como el nivel de comprensión de los textos.

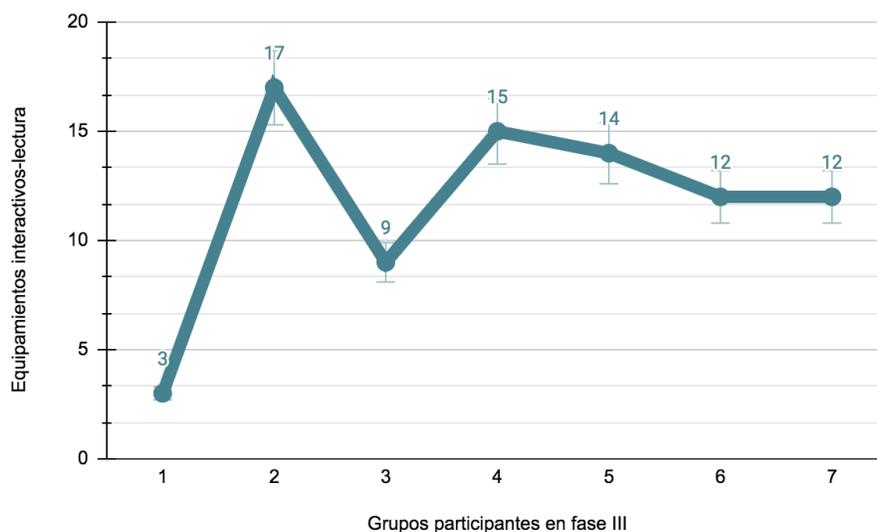


Figura 29. Lectura de la información escrita por cada grupo. En el eje vertical se muestra el número de equipamientos interactivos en donde el participante realizó la lectura total o parcial de los textos. En el eje horizontal se muestran los 7 grupos que participaron en esta fase de la investigación.

La experiencia de tipo social fue un aspecto constante durante toda la visita en todos los grupos, aunque se observan tres grupos (1, 3 y 6) en donde hay poco diálogo entre los participantes, estos se mantuvieron juntos durante el mayor tiempo dedicado a la visita o bien, se buscaban para compartir algún comentario.

5.3.5 Resultados obtenidos con el software Atlas ti

Posteriormente se importó (acción que se refiere a incorporar el archivo dentro del software) el documento al software Atlas ti (versión 8) para identificar las categorías de análisis del aprendizaje informal de cada grupo.

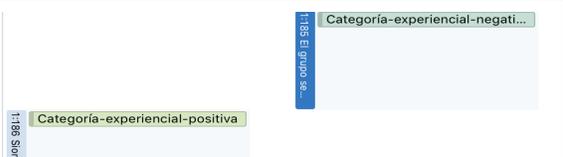
Una vez que se incorporan las transcripciones al software Atlas ti (versión 8), se realiza un análisis detallado de los contenidos para la búsqueda de los elementos que nos permitirán corroborar la hipótesis de esta investigación. Para este proceso se realizó una primera categorización de todos los grupos, se dejó el archivo una semana y se revisó a la siguiente, esto con la finalidad de darle mayor validez a la categorización.

En la sección 5.3.3 se denotaron las categorías de análisis del aprendizaje informal que fueron identificadas en el análisis cualitativo de este contenido, de esta manera se tomó la decisión de realizar un primer análisis de todas las transcripciones en el cual se encontró un total de 393 categorías presentes, se dejó pasar una semana y se retomó en segundo análisis para corroborar la primera categorización, en este proceso se encontraron 409 categorías presentes, se realizaron algunos ajustes en cuanto a extensión y se reanalizaron las co-ocurrencias presentes en los siete grupos (ver, Tabla 16), esto se realizó con la finalidad de darle más validez al análisis de los datos.

Durante el análisis de contenido se encontró que las categorías experienciales tuvieron que agruparse desde que da inicio la interacción en un equipamiento interactivo hasta que termina, esta podría ser breve (menos de un minuto) si el equipamiento interactivo no atrae la atención del participante o extensa (mayor a un minuto) si logra mantener el interés del individuo, que retomando el nivel de atención propuesto por Bitgood (2011) durante una exposición se presentan dos tipos de niveles, el de enfoque y el de involucramiento, como se muestra en los siguientes ejemplos:

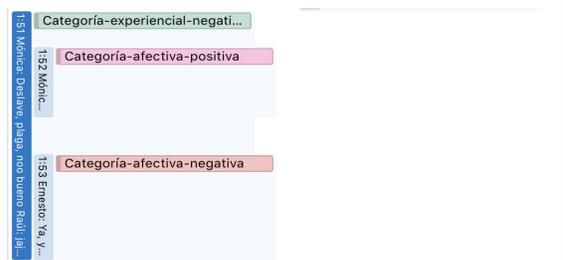
Diálogo asociado al nivel de enfoque (Bitgood, 2011)

El grupo se desplaza hacia otro lugar de la sala, se detienen en la obra hidráulica.
 Siomara: ¿Qué dice? elige el video que quieres ver (lectura de instrucciones)
 Ángel: Déjame a mí
 Siomara: Quitate que ya le puchamos un botón ¿qué es eso?
 Siomara gira la cabeza hacia otra sección de la sala: iiihhh (se desplaza hacia el equipamiento del periódico)
 Cristina y Ángel la siguen.



Diálogo asociado al nivel de involucramiento (Bitgood, 2011)

Mónica: Deslave, plaga, noo bueno
 Raúl: jajajaj ¿cómo es que hay una plaga?
 Mónica: Ahora háganlo biennn
 José de Jesús: Jajajajajaj
 Mónica: ¡Quiero ver una ciudad feliz!
 Ernesto: ¡Claro que sí!
 Ernesto: Ahora sí una buena decisión.
 Mónica: Tú los tienes que cambiar, ¡no!, los datos
 Ernesto: Ya, ya los cambiaste
 Raúl: A verrr
 Mónica: ¡Oh ooooh!
 Mónica: upssss
 Raúl: Qué te pasa jajajajja
 Mónica: Fin muy mal chicos.



La categoría experiencial positiva y negativa se asocia con cómo se interactúa con el equipamiento interactivo en cuestión, es positiva en el sentido de que logra involucrar al participante de inicio a fin y negativa cuando no provoca que el participante se involucre con al menos una acción, es decir, no se logra el nivel de involucramiento. Los datos muestran que la sala *Agua elemento de la vida* en esta categoría logra con más frecuencia el nivel de involucramiento dado que se presentaron 85 experiencias de tipo positivo, sin embargo el nivel de enfoque también es de carácter frecuente con 72 de tipo negativo, algunas de las cuales co-ocurren cuando se interactúa con un mismo equipamiento interactivo.

Tabla 16

Categorías de análisis del aprendizaje informal de los participantes en el registro en video (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2).

Categoría	Primera categorización	Segunda categorización
Afectiva negativa	52	57
Afectiva positiva	83	87
Cognitiva negativa	20	23
Cognitiva positiva	81	85
Experiencial negativa	73	72
Experiencial positiva	84	85
Total	393	409

De acuerdo con Villa (2016) se presenta mayor énfasis en la evidencia cognitiva en las visitas guiadas (está presente la mediación de un guía de museo) que en las visitas libres (el participante se mueve libremente por el espacio) en las que prevalecen los aspectos experienciales y afectivos (a los que denomina esferas personales y emocionales). En esta fase de la investigación se encontró evidencia de tipo cognitivo en ambos tipos de visita, aunque es notable que la evidencia afectiva se presenta con más frecuencia en la visita libre, esto puede deberse a que el adolescente se siente más libre de compartir lo que siente cuando no está presente un guía de museo, o bien, cuando se encuentra realizando la actividad con las personas que conoce como es el caso de las características de estos grupos participantes.

Retomando los datos de la segunda categorización se obtiene que las categorías de análisis más frecuentes son la experiencial, cognitiva y afectiva de tipo positivo (21%) aunque muy cercano se presenta la experiencial negativa con un 17% y de forma menos frecuente la afectiva negativa con un 14% y la cognitiva negativa en un 6% (ver, Figura 30). Estos datos reflejan que un ambiente educativo informal en donde la experiencia sea percibida como positiva, se verá vinculada hacia la construcción de aprendizajes y el fomento hacia aspectos afectivos de tipo positivo.

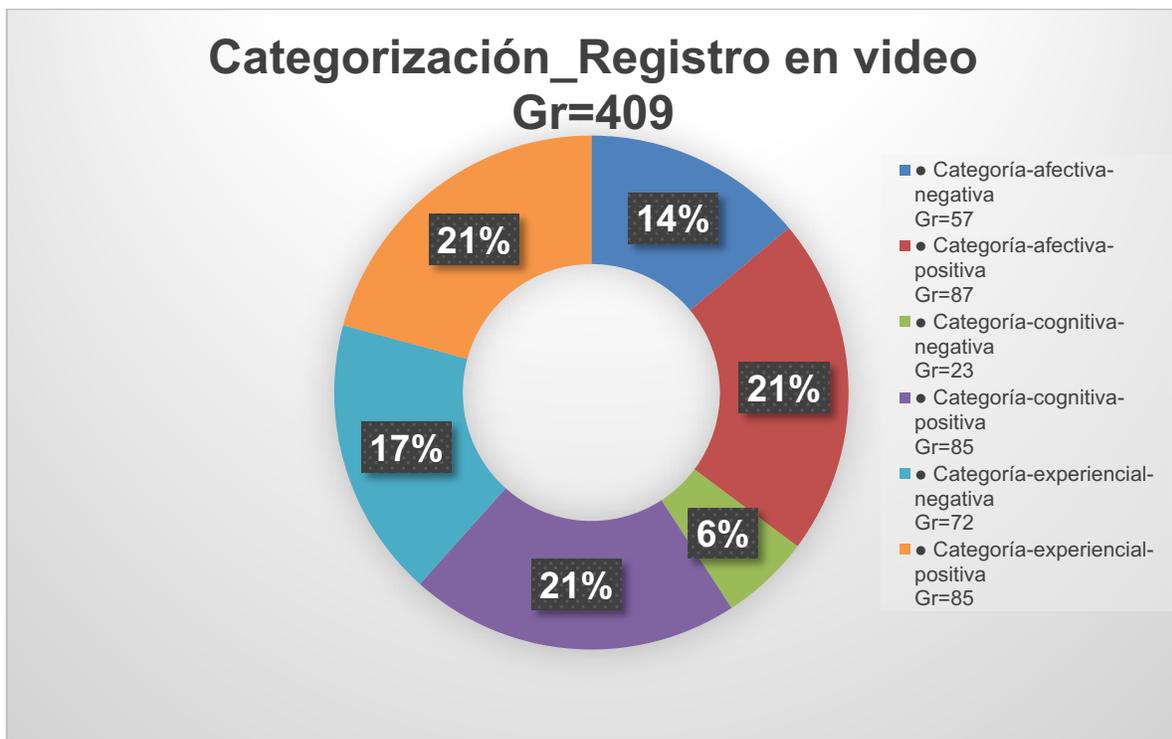


Figura 30. Categorías de análisis del aprendizaje informal expresadas en porcentajes. De mayor a menor frecuencia en rojo, naranja y violeta las categorías afectiva, experiencial y cognitiva de tipo positivo (21%). En color cian la categoría experiencial negativa (17%), en azul la categoría afectiva negativa (14%) y en verde la categoría cognitiva negativa (6%). Gr: Enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento), (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2)

Una vez obtenida la frecuencia con la que se presentan las categorías de análisis del aprendizaje informal se procedió, al igual que en la fase II a la identificación de las co-ocurrencias en cada una de las citas categorizadas.

Respecto a esto, se recuerda que las co-ocurrencias hacen referencia al análisis cualitativo de los códigos dentro de las citas en las transcripciones, es decir, la precisión con que los códigos co-ocurren con sus respectivas citas, se trata de destacar las citas más pequeñas en extensión dentro de otras citas, como es el caso de la categoría experiencial tanto positiva como negativa, en la cual se encontraron las categorías cognitiva y afectiva subsumidas en ella.

Estas co-ocurrencias permiten detectar y agrupar conceptos que están estrechamente relacionados dentro de un mismo conjunto de registros, como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 17

Co-ocurrencias entre las categorías de análisis del aprendizaje informal en el registro en video (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2), Gr: Enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento).

	Categoría-afectiva-negativa Gr=57	Categoría-afectiva-positiva Gr=87	Categoría-cognitiva-negativa Gr=23	Categoría-cognitiva-positiva Gr=85	Categoría-experiencial-negativa Gr=72	Categoría-experiencial-positiva Gr=85
Categoría-afectiva-negativa Gr=57	0	2	2	5	17	29
Categoría-afectiva-positiva Gr=87	2	0	0	10	9	63
Categoría-cognitiva-negativa Gr=23	2	0	0	3	7	15
Categoría-cognitiva-positiva Gr=85	5	10	3	0	4	66
Categoría-experiencial-negativa Gr=72	17	9	7	4	0	15
Categoría-experiencial-positiva Gr=85	29	63	15	66	15	0

La co-ocurrencias más frecuentes en estos datos son los vínculos de las categorías experiencial, cognitiva y afectiva positivas (n=66 y n=63, respectivamente), es decir, si la experiencia del participante se percibe como positiva esta se vincula con

aspectos cognitivos y afectivos positivos, lo cual corrobora los datos obtenidos en la fase II (entrevista), es decir, se encuentran opiniones positivas si la experiencia es agradable como se puede observar en el siguiente fragmento de transcripción:

Grupo 2. Integrado por tres hombres y una mujer, 17 años.

Género: Mixto

Edad: 17 años

Alcaldía: Iztapalapa

Grado escolar: preparatoria

El grupo se encuentra interactuando con el equipamiento interactivo 11, un cómic mecánico que lleva por nombre: Calidad y salud/contaminantes y salud.

Mónica: Lo mejor que puedes hacer es llevar el aceite en los tianguis de trueque de las delegaciones donde es recolectado (*lectura de información del equipamiento interactivo*)

Raúl: ¡A poco hay eso!

Mónica: En mi rancho no hay eso

Raúl: Por dos

Mónica: Para ser enviado a plantas recicladoras donde es convertido en combustible y lo mejor es que no contamina los cuerpos de agua (*lectura de información del equipamiento interactivo*)

José de Jesús: Pero combustible

Raúl: Pero lo echan caliente, no jajaja

José de Jesús: Pero al final del día, ¿no contaminas más por la botella?

Ernesto: No, no porque lo van a utilizar

Mónica: no, exacto

Raúl: una sola gota de aceite contamina mil litros de agua (*lectura de información del equipamiento interactivo*).

José de Jesús: por eso, pero al aceite súmale la botella

Raúl: Pero no estás contaminando el agua

Mónica: Exacto, aquí el punto es contaminar el agua

José de Jesús: Y cómo le hicieron para tener la botella

Raúl: Bueno, pero entonces no es como que la botella la vayas a comprar

Ernesto: No, estás reusando la botella

Mónica: No sé, pero se ve bonito

En este bloque de información se observa que la experiencia es positiva e involucra a los cuatro participantes del grupo, y los lleva a discutir acerca del uso de una botella para almacenar aceite y la decisión respecto a esa acción, el diálogo cierra con una frase afectiva de tipo positivo. Este tipo de información destaca aspectos relevantes en cuanto a la forma en la que se presentan los datos de ciencia en una exposición por ello se plantea necesario la realización de evaluaciones frecuentes en estos ambientes educativos informales así como estar atento a las conclusiones a las que llegan los participantes para replantear los conceptos científicos que se desean comunicar.

Otra co-ocurrencia frecuente es la experiencial negativa con la afectiva negativa (n=17) en donde es posible leer comentarios acerca de que la experiencia en la sala

Agua elemento de la vida fue negativa vinculados con opiniones de tipo afectivo negativo, lo cual también corrobora los datos obtenidos en la fase II (entrevista), un ejemplo de esta co-ocurrencia es el siguiente:

Grupo 3. Integrado por dos mujeres (14 y 16 años) y un hombre (17 años).

Género: Mixto

Edad: de 14 hasta 17 años

Alcaldía: Iztapalapa

Grado escolar: secundaria y bachillerato

El grupo está en el equipamiento interactivo 9 que requiere la identificación de los porcentajes de agua que se utilizan en diversos sectores y lleva por nombre: *Abastecimiento público, agrícola, industria autoabastecida y termoeléctricas.*

Cristian: ¿en qué utilizamos el agua?

Daniela: aaahh

Karla: a ver, tenemos que contar catorce y setenta

Cristian: 84

El grupo mueve las piezas para encontrar los porcentajes, sin conversación.

Cristian: ¿cuánto?

En el equipamiento interactivo se caen las piezas que colocaron porque acaba el tiempo del segundo.

Daniela: Ahh qué triste

Karla: 14% abastecimiento público

Aparece más información, leen en voz baja y se mueven hacia el equipamiento interactivo de una báscula.

En este bloque de información se observa que la experiencia es negativa para los tres participantes quienes se involucran brevemente con el equipamiento interactivo, aunque hay muy poco diálogo la interacción cierra con una frase afectiva de tipo negativo.

En el siguiente nivel de co-ocurrencia (n=15) se observa un vínculo entre la categoría experiencial positiva con la cognitiva negativa. En este sentido, se recuerda que la categoría cognitiva negativa se define como opiniones negativas vinculadas con la temática de la sala respecto a conceptos o ideas de ciencia, afirmaciones de que ya se sabía lo que la exhibición le muestra y se percibe desinterés, asociación negativa de un conocimiento previo con un tema nuevo, dudas explícitas acerca de las instrucciones a seguir, entonces aunque la experiencia sea positiva cuando se encuentra información que no coincide con la del participante, esta tiende a asociarse con aspectos cognitivos de tipo negativo como se muestra en el siguiente fragmento de información.

Grupo 5. Integrado por tres mujeres**Género: Femenino****Edad: de 17 años****Alcaldía: Tláhuac, Iztapalapa y Benito Juárez****Grado escolar: bachillerato**

Se desplazan hacia otra sección de la sala, se detienen en el equipamiento interactivo 22 que lleva por nombre Derecho humano al agua, se trata de un módulo tipo rompecabezas en donde se tienen que colocar las piezas en el lugar que corresponde.

Sarai: ¡Ay! cómo que no hay piezas, ¿no?**Abir:** ¿atrás?**Esther:** Pero... ya están puestas.**Sarai:** No, joven**Esther:** pero es muy obvio, tienen la forma (*cada pieza tiene una forma distinta y embona sólo en un lugar*)**Abir:** ¿oh no?**Esther:** ooh, no, la gran estafa

La otra co-ocurrencia con n=15 de frecuencias es la experiencial positiva con la negativa, en este sentido es posible encontrar diálogos en donde la interacción comience siendo positiva y cambie a negativa o viceversa como se puede observar en el siguiente ejemplo:

Grupo 2. Integrado por tres hombres y una mujer**Género: Mixto****Edad: 17 años****Alcaldía: Iztapalapa****Grado escolar: preparatoria**

Ernesto y Jesús saltan de alegría y gritan ¡aaaahh!. Siguen interactuando con el equipamiento interactivo 15 que se trata de un pizarrón magnético que lleva por nombre: *Obras hídricas, abastecimiento de agua potable.*

Mónica: ¿YA? Ay no puede ser, ¡ya!**Ernesto:** Mira, ¡mira!**José de Jesús:** muéstrales**Raúl:** apusss**Ernesto:** El privilegio de ver, wachet**Mónica:** Aah que no les salió**Ernesto:** Aahh jajajaja*Accionan la palanca y la canica viaja por la tubería y llega al destino***Mónica:** No pues sí ¡eh!, un aplauso chicos**Ernesto:** ¿Dónde está?**José de Jesús:** No sé**Raúl:** A verrr, rompan acá**José de Jesús:** Tiene que estar por aquí**Mónica:** Noo a fuerzas por aquí, ¿no? que weyes son, a ver**Ernesto – José de Jesús – Raúl:** jajajajajaja**José de Jesús:** Gracias por deshacer todo chicos**Mónica:** ¿y la canica?, espérate**Todos:** (ríen)**Ernesto:** ¿Dónde estaba?**Mónica:** no sé**Raúl:** Haz de nuevo todo esto**Mónica:** Ay bueno, cuando terminen nos hablan eeehh

Por otra parte, en este análisis cualitativo se puede conocer la diferencia entre los grupos mixtos (4) y los grupos que están integrados por mujeres (3) respecto a las categorías de análisis, en donde se observa una mayor frecuencia de las categorías afectiva positiva (color naranja), cognitiva positiva (color amarillo), experiencial positiva y negativa en los grupos mixtos (ver, Figura 31). En general, todas las categorías tienen frecuencias más altas en los grupos mixtos debido a que son cuatro y sólo tres de mujeres por lo que la muestra no es representativa para realizar un análisis comparativo más preciso.

Tabla 18

Co-ocurrencias entre las categorías de análisis del aprendizaje informal por género de los grupos. Gr: Enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento). (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2).

	Categoría-afectiva-negativa Gr=57	Categoría-afectiva-positiva Gr=87	Categoría-cognitiva-negativa Gr=23	Categoría-cognitiva-positiva Gr=85	Categoría-experiencial-negativa Gr=72	Categoría-experiencial-positiva Gr=85
Femenino Gr=3	20	34	12	32	24	29
Mixto Gr=4	37	53	11	53	48	56

Esta información expresada en gráficas permite visualizar que en los grupos mixtos es más frecuente observar la presencia de las categorías de aprendizaje informal.

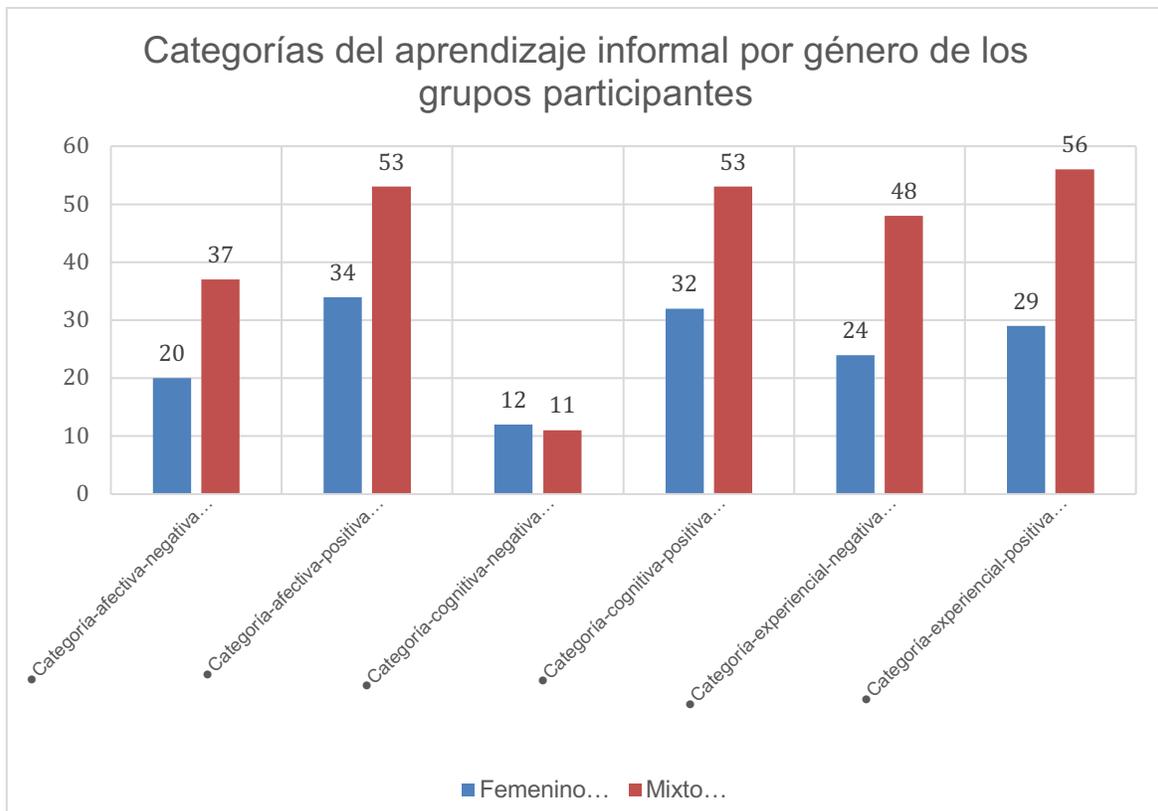


Figura 31. Diferencia de las categorías de análisis del aprendizaje informal por género de los grupos participantes. En color azul los grupos integrados solo por mujeres y en color rojo los grupos mixtos. Gr: Enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento). (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2)

Además, es posible conocer la diferencia entre el nivel educativo de los participantes y las categorías de análisis del aprendizaje informal, cabe señalar que se tienen cuatro grupos distintos debido a las características que mencionaron en el cuestionario. Así se puede observar que la frecuencia de las categorías de análisis son más altas en los jóvenes de preparatoria y bachillerato que en los de nivel secundaria.

Tabla 19

Co-ocurrencias entre las categorías de análisis del aprendizaje informal por nivel escolar. Gr: Enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento). (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2).

	Categoría-afectiva-negativa Gr=57	Categoría-afectiva-positiva Gr=87	Categoría-cognitiva-negativa Gr=23	Categoría-cognitiva-positiva Gr=85	Categoría-experiencial-negativa Gr=72	Categoría-experiencial-positiva Gr=85
Bachillerato Gr=2	5	8	3	14	7	13
Preparatoria Gr=3	39	65	17	59	46	57
Secundaria Gr=1	11	9	1	6	15	10
Secundaria y bachillerato Gr=1	2	5	2	6	4	5

Esta información se muestra en la Figura 32, en donde es posible identificar que las categorías del aprendizaje informal son más frecuentes en los grupos integrados por estudiantes de preparatoria, sin embargo, este dato es mayor debido a que son más grupos con estas características. Por lo tanto, se requiere ampliar la muestra de grupos para tener información más precisa y tener una mejor interpretación de los datos.

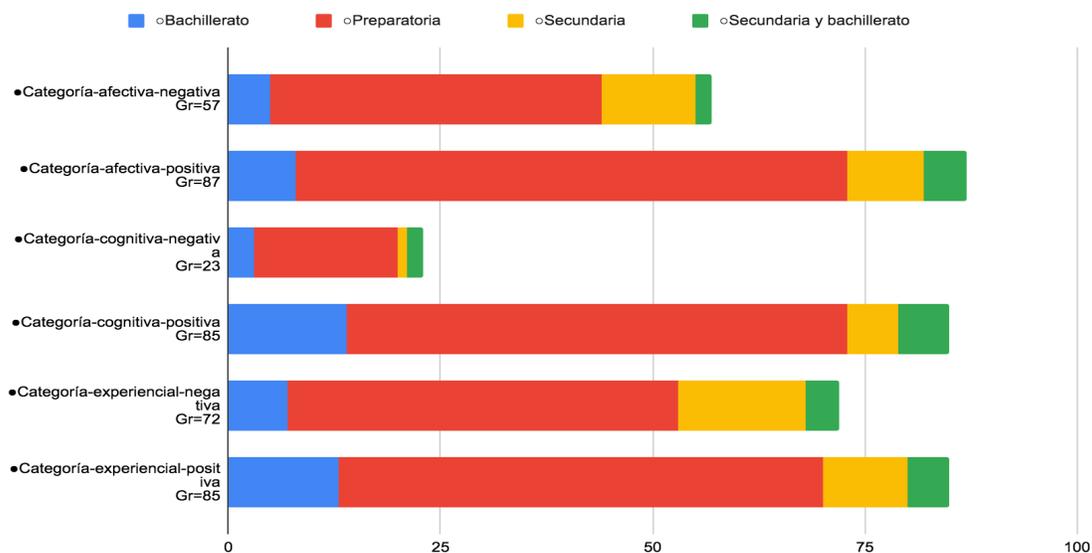


Figura 32. Diferencia de las categorías de análisis del aprendizaje informal por nivel escolar. De izquierda a derecha, en azul los grupos integrados por estudiantes de bachillerato, en rojo los grupos de preparatoria, en amarillo los grupos de secundaria y en verde los grupos mixtos integrados por secundaria y bachillerato. Gr: Enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento). (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas tj, versión 8.4.2)

Las categorías experiencial, cognitiva y afectiva positiva del aprendizaje informal tienen la frecuencia más alta en los grupos de preparatoria, seguidas por la experiencial, cognitiva y afectiva negativa, por lo que se puede asumir que en general resaltan los aspectos positivos en los diálogos transcritos del registro en vídeo. Para el grupo de bachillerato también son los aspectos positivos los que resaltan en su experiencia. En el grupo de secundaria destacan las categorías experiencial positiva y negativa y la afectiva negativa, además se observó poco interés en los equipamientos interactivos que integran la sala y una velocidad alta en la visita dado que permanecieron 19 minutos para interactuar con 23 equipamientos, menos de un minuto por cada uno. Finalmente, en el grupo integrado por secundaria y bachillerato se observan las categorías experiencial, cognitiva y afectiva de tipo positivo más frecuentes que las negativas aunque la conversación durante la visita fue mínima comparada con los otros seis grupos.

Respecto a la ubicación geográfica de los siete grupos (ver, Tabla 20) se puede observar que la presencia de las categorías del aprendizaje informal se concentran en los jóvenes provenientes de las alcaldías Iztapalapa y Nezahualcóyotl, seguidos de los jóvenes que habitan las alcaldías de Tláhuac, Iztapalapa y Benito Juárez. En este sentido haría falta más precisión en lo referente a este vínculo debido a que se tienen grupos que viven en alcaldías distintas, sería muy eficaz que cada grupo compartiera la misma característica para obtener mayor detalle en cuanto a las categorías de análisis.

Tabla 20

Co-ocurrencias entre las categorías de análisis del aprendizaje informal por ubicación geográfica. Gr: Enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento). (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2).

	Categoría-afectiva-negativa Gr=57	Categoría-afectiva-positiva Gr=87	Categoría-cognitiva-negativa Gr=23	Categoría-cognitiva-positiva Gr=85	Categoría-experiencial-negativa Gr=72	Categoría-experiencial-positiva Gr=85
Ecatepec Gr=1	11	9	1	6	15	10
Iztapalapa Gr=2	2	8	2	13	5	9
Iztapalapa y Miguel Hidalgo Gr=1	8	14	4	10	10	10
Iztapalapa y Nezahualcóyotl Gr=1	19	34	5	34	23	32
Tláhuac, Iztapalapa y Benito Juárez Gr=1	12	17	8	15	13	15
Tlalpan y Coyoacán Gr=1	5	5	3	7	6	9

En la Figura 33, se muestra la representación gráfica de los datos de la tabla anterior, las categorías de análisis del aprendizaje informal tienen una puntuación más alta en las alcaldías de Iztapalapa y Nezahualcóyotl debido a que la mayoría de los participantes indicaron que vivían ahí, seguido de las alcaldías de Tlahuac y Benito Juárez. También se observa una puntuación alta en las categorías de tipo positivo en las alcaldías Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Nezahualcóyotl, Benito Juárez, Tlalpan y Coyoacán. Así como puntuación alta en las categorías de tipo negativo en los jóvenes que provienen del municipio de Ecatepec en el Estado de México. Esta información no es representativa debido a que la muestra es pequeña, por lo tanto, es necesario tener más datos que aporten evidencia a estas variables.

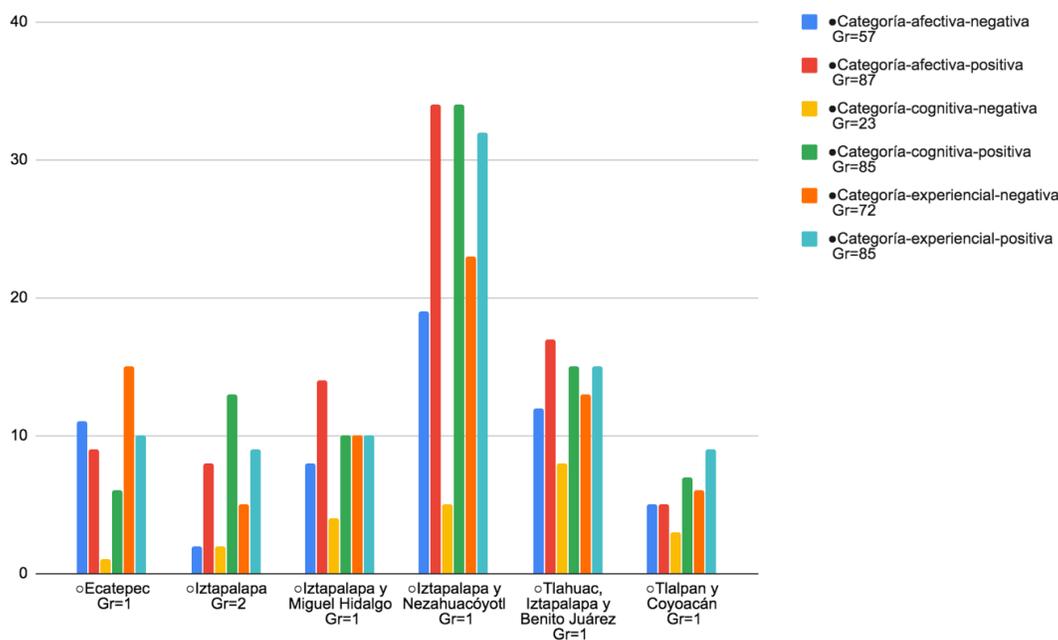


Figura 33. Diferencia de las categorías de análisis del aprendizaje informal por ubicación geográfica. Gr: Enraizamiento de códigos (número de citas que han sido codificadas por un código determinado) o enraizamiento de documentos (número de citas en cada documento). (Fuente: elaboración propia con apoyo del software Atlas ti, versión 8.4.2)

Los resultados de la tercera fase de esta investigación muestran información en diversos aspectos, en primer lugar, los 19 jóvenes participantes tenían un interés previo en la ciencia y la tecnología derivado del tipo de actividades en las que se involucran y sus opiniones recabadas mediante el cuestionario, esto puede incidir en la forma en la que se interactúa en el ambiente educativo informal. En segundo lugar, las categorías de análisis del aprendizaje informal más frecuentes son las que tienen un carácter positivo, que pueden potenciar la construcción de conocimiento.

En tercer lugar, los apoyos museográficos que más se leen son aquellos que tienen como finalidad brindar una instrucción mientras que los menos leídos son las cédulas informativas con textos mayores a 100 palabras, aspecto que debería considerarse al planear una exposición de ciencia. También es relevante considerar la existencia de contenidos con lenguaje técnico en los equipamientos interactivos, este aspecto los convierte en ineficaces incluso con el apoyo verbal del guía de museo. Aquí resalta la importancia de recrear el lenguaje científico por medio de las herramientas que aporta la divulgación de la ciencia.

5.3.6 Hallazgos relevantes en el estudio de caso en la sala Agua elemento de la vida

Con base en los resultados obtenidos en las tres fases de esta investigación se puede destacar la importancia de la evaluación del aprendizaje informal desde diferentes perspectivas, es decir, un enfoque global que permita tener en cuenta los objetivos institucionales, el rigor teórico, pedagógico y metodológico con los que se planean las exposiciones de ciencia.

La fase I de esta investigación, que da cuenta del uso de espacio resulta relevante para contar con una visión cuantitativa respecto al tiempo de permanencia de los visitantes, el recorrido más frecuente, las áreas más o menos visitadas y el nivel de atracción de los equipamientos interactivos. Así como contar con métricas que nos permitan comparar con otros ambientes educativos informales para crear mapas conductuales de los aspectos más representativos de una exposición.

La fase II en la que se empleó la entrevista como técnica de recolección de datos, permitió conocer las características generales de las personas que visitan el ambiente educativo, qué es lo que les gusta y lo que no les gusta, conocer los conceptos de ciencia que los visitantes recuperan de su visita, el mensaje principal de la exposición y lo que consideran que han aprendido. Es una ruta directa hacia la experiencia del visitante, conocer su propia voz y lo que opinan respecto a su aprendizaje.

En la fase III en la que se llevó a cabo el registro en video se puede observar de manera directa la experiencia, los participantes fluyen en el ambiente educativo informal como una situación cercana dadas las condiciones preestablecidas del protocolo de investigación. La relación de amistad permitió que los jóvenes expresaran su experiencia. La información obtenida permite un análisis observacional sistemático, la categorización del aprendizaje informal y su revisión para brindar un informe más preciso.

Como se puntualizó en el marco teórico analítico, el aprendizaje informal en los museos y centros de ciencia es de tipo complejo y depende en absoluto de las diferencias individuales, intereses y en este caso particular de la actitud hacia la ciencia. Los hallazgos principales de esta investigación apuntan a que este tipo de aprendizaje presenta con mayor frecuencia la categoría experiencial que tiene que ver con lo que vive el participante durante su visita, seguido de la categoría afectiva en donde la persona muestra emociones de muy diversos tipos orientadas hacia la exposición, el tema, el vínculo con sus compañeros, la experiencia en sí y hacia sí mismo. Posteriormente se presenta la categoría cognitiva en la cual los participantes expresan sus ideas respecto al tema, se discute en torno a los conceptos, se emiten comparaciones con su experiencia previa, lo que se vincula con el aprendizaje significativo.

Finalmente, el tema del agua, desglosado en los 23 equipamientos de la sala en estudio cumple con su objetivo principal de estimular la curiosidad del visitante y despertar su interés en el mundo del agua para provocar su reflexión (Red del Agua y DGDC, 2015) y con sus objetivos específicos de presentar a los visitantes la importancia del cuidado del agua y mostrar al visitante el conocimiento científico generado en la UNAM referente a la gestión del agua en México.

Esto apunta a que la pedagogía museística debiera fortalecer sus marcos de referencia y los enfoques conceptuales para proponer estrategias de evaluación precisas que ayuden a la toma de decisiones sobre los aspectos esenciales como las actividades, exposiciones, la atención al público y la profesionalización del personal para que la mejora constante se vuelva parte de la cotidianidad de los museos y centros de ciencias.



Capítulo VI. Discusión, conclusiones y recomendaciones

6.1 Hacia una propuesta de evaluación de corte pedagógico del aprendizaje informal en museos y centros de ciencias

Este capítulo está basado en el análisis del marco teórico conceptual, el marco de referencia analítico y el análisis de los datos de la investigación. Al finalizar se brinda una propuesta para la evaluación de corte pedagógico del aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias.

Como se observó en el análisis de los datos de cada una de las fases, resulta fundamental que la evaluación recupere los principios pedagógicos de estos ambientes educativos para así favorecer la comprensión de lo que sucede a nivel de aprendizaje, estos principios están asociados con la intención educativa, los objetivos educativos explícitos de formación, la organización, la sistematización y el grado de estructuración con la que se planean los museos y centros de ciencias.

Pérez, et al., (1998) resaltan que el reto en la investigación de los museos de ciencias “es desarrollar procedimientos de medida apropiados e instrumentos distintos de los empleados para evaluar el aprendizaje en la escuela” (Pérez, et al., 1998, p. 164). Las autoras hacen referencia a métodos específicos y adecuados para estos ambientes de aprendizaje informal, sin embargo, la orientación claramente expresa se enfoca en la metodología clásica con control de variables como el comportamiento de los visitantes y la generalización de resultados hacia otros museos dejando de lado los aspectos cualitativos que resultan valiosos para comprender aquellos logros de aprendizaje que se pretenden en estos ambientes.

Asimismo, Pérez, et al., (1998) señalan que el tiempo de recorrido libre en una visita escolar es importante porque brinda información respecto a qué equipamientos interactivos son los que más gustan o cuáles no son comprendidos, en esta investigación se pueden identificar aquellos equipamientos interactivos que resultaron complicados, que saturan la visita, que tienen un lenguaje técnico no apropiado para el público o bien que tienen errores notables en su diseño, lo cual puede aportar información para tomar decisiones respecto a su reestructura.

Retomando a Costa y Boada (2002) resulta relevante enfocarse en la construcción de equipamientos interactivos para museos y centros de ciencias que permitan que el participante realice un proceso cognitivo complejo y mencionan que “la diferencia esencial entre el módulo interactivo o manipulativo y un autómata se basa en el objetivo para el cual se han construido: el autómata solo debe divertir y sorprender; pero el módulo debe además hacer pensar. El reto de la museología consiste precisamente en encontrar buenas fórmulas pedagógicas y técnicas para proponer cavilar” (Costa y Boada, 2002, p. 2).

Entonces, se ha documentado la importancia de la evaluación en los museos y centros de ciencias debido a que con la implementación de esta es posible obtener información que permite estimar el nivel de cumplimiento de metas y objetivos (Pol y Asensio, 2014). Específicamente la evaluación del aprendizaje que aunque se ha puntualizado el carácter cognitivo de este, el factor que mejor lo destaca en su carácter afectivo. Barry Lord (2016) en *The Manual of Museum Learning* destaca tres nuevas realidades en los museos en primer lugar que el aprendizaje en el museo es informal, en segundo que el aprendizaje en el museo es voluntario, seleccionado por el aprendiz o quizá por el docente de una escuela o por el grupo turístico en el que participa. En tercer lugar y de muchas maneras significativo para los resultados obtenidos en esta investigación “aunque el aprendizaje en museos siempre es parcialmente cognitivo, es principalmente afectivo, lo que lo distingue del tipo de aprendizaje que se lleva a cabo al interactuar con fuentes impresas en una biblioteca o buscar en Internet” (King y Lord, 2016, p. 19).

En este sentido, esta investigación ha permitido identificar los objetivos pedagógicos de una sala de un museo de ciencias y su vínculo con las categorías de análisis del aprendizaje informal, que aunque se trata de un protocolo exploratorio y descriptivo resultó de gran aporte el enfoque mixto seleccionado en donde se obtiene información cualitativa y cuantitativa para brindar una mejor comprensión del objeto de estudio. Pol y Asensio (2014) señalan que en la evaluación de los museos y centros de ciencias es evidente la eficacia de la complementariedad entre métodos cualitativos y cuantitativos, lo cual se reafirma con los datos obtenidos en este estudio de caso.

Sabido es que la evaluación de contenidos complejos como lo es el aprendizaje informal resulta un factor crítico debido a la falta de indicadores que demuestren su existencia. La complejidad de la evaluación del aprendizaje informal radica en que este depende de muchas variables interdependientes que a su vez se relacionan con el contexto específico de cada uno de los visitantes y sus diferencias individuales.

Sin embargo, la propuesta que se brinda en la siguiente sección demuestra que es posible la aproximación hacia la comprensión de lo que sucede en un ambiente educativo informal. La evaluación cualitativa y cuantitativa del aprendizaje informal de corte pedagógico brinda información para conocer los aspectos que entran en juego en estos ambientes educativos desde la perspectiva del visitante escolar. Hernández, Fernández y Baptista (2014) citan algunos estudios que consideran que la investigación cualitativa es útil cuando el objeto de estudio es complicado de medir, o bien, cuando no se ha medido anteriormente.

6.2 Propuesta de evaluación del aprendizaje informal para museos y centros de ciencias: la evaluación multiángulo

Como se puede observar en esta investigación, la evaluación del aprendizaje informal en los museos y centros de ciencias requiere precisar un instrumento idóneo que brinde información consistente y fundamentada que nos permita comprender el objeto de estudio. Es por ello que la propuesta que se presenta a continuación está basada en los parámetros de la evaluación auténtica (Ahumada, 2005), la teoría sociocultural y las rúbricas de evaluación.

Si se aspira a construir un modelo de evaluación de corte pedagógico del aprendizaje informal para evaluar los museos y centros de ciencias se deberán sustentar teóricamente sus principios y guiarse por ciertas pautas que se recomiendan a continuación:

1. Identificar buenas prácticas de los museos y centros de ciencias a evaluar.
2. Definir los objetivos de la evaluación de corte pedagógico del aprendizaje informal.

3. Establecer el criterio de la elección de los contenidos sobre los que se trabajará de manera prioritaria, por ejemplo: la comprensión de ciertos temas científicos, el cambio de actitudes respecto a la ciencia, entre otras.
4. Implementar la evaluación multiángulo.
5. Utilizar la rúbrica de evaluación del aprendizaje informal para los museos y centros de ciencias.

6.2.1 La evaluación multiángulo del aprendizaje informal en ciencia: una propuesta metodológica de corte pedagógico

En virtud de que la evaluación del aprendizaje informal ha sido estudiada desde diferentes categorías de análisis por separado como lo muestra la revisión de los estudios reportados en la literatura, y aunque esto ha aportado importantes directrices para estudiar a los museos y centros de ciencias resulta interesante abordar el fenómeno de manera integral.

La propuesta que se presenta la he denominado *evaluación multiángulo* y está basada en las fases de esta investigación. En ella se incluyen todos los ángulos posibles que se pueden estudiar en un espacio expositivo, así la evaluación multiángulo del aprendizaje informal en ciencia brinda un panorama de lo que se llevan las personas al salir de un ambiente educativo informal, conocer de qué manera los museos y centros de ciencias causan un impacto en la vida de las personas, en lo que saben del mundo y cómo estructuran ese conocimiento.

La evaluación multiángulo del aprendizaje informal en ciencia pretende ser un proceso articulado mediante el cual se recolecten datos desde cuatro ángulos específicos: el mapeo del espacio de exposición, la perspectiva cognitiva, la perspectiva afectiva y la perspectiva experiencial que tienen que ver con la interacción de la persona con los equipamientos interactivos. De manera esquemática el proceso se ve de la siguiente forma:



Figura 34. Características de la evaluación multiángulo

En cuanto al mapeo de los museos y centros de ciencias se requiere identificar qué tipo de visitantes se acercan al espacio en evaluación, conocer cómo se usa, cuánto tiempo se permanece en cada equipamiento interactivo, identificar cuáles son los equipamientos más y menos exitosos en función del tiempo en el que permanece la persona interactuando.

Las técnicas que permiten realizar el mapeo en los museos y centro de ciencias son el *timing* (registro de tiempos) en donde se toma el tiempo de permanencia dentro de una exposición, el *tracking* (seguimientos de visitantes) en el cual se registra la circulación de los visitantes en la sala de exposición mediante un mapa a escala y las encuestas de aspectos sociodemográficos. Estos instrumentos de evaluación son de sencilla creación e implementación y permiten al evaluador concentrarse en aspectos específicos del espacio además de que arrojan información valiosa acerca del manejo del espacio. Yalowitz y Bronnenkant (2009) proponen el uso de la tecnología para facilitar el registro de datos conductuales en los museos y centros de ciencias, así como para hacer más eficiente el procesamiento de los datos. Estos autores proponen la utilización del software *Noldus Observer*, creado para la investigación del comportamiento humano, su implementación permite codificar comportamientos en una línea de tiempo de manera sencilla y eficaz.

Cabe mencionar que la evaluación multiángulo se considera como un proceso que está vinculado con cada etapa de recolección de datos, es decir, se realiza primero el mapeo del espacio de exposición para conocer los aspectos generales y la administración del tiempo durante la visita, después se comienza la evaluación de las perspectivas, de manera que se retomen los resultados obtenidos de los ángulos anteriores antes de avanzar hacia la siguiente fase.

Otro ángulo importante en la evaluación multiángulo del aprendizaje informal es la *perspectiva cognitiva* que da cuenta de aquellos aspectos relacionados con asimilación, confirmación, reestructuración y representación de los conceptos científicos presentados en los museos y centros de ciencias. Las técnicas que permiten realizar registros de este tipo son los cuestionarios basados en los contenidos de la sala de exposición, las entrevistas basadas en la información obtenida del mapeo del espacio y la grabación en video de grupos de visitantes.

Siguiendo con la propuesta metodológica de la evaluación multiángulo del aprendizaje informal en ciencia, la *perspectiva afectiva* permite identificar aspectos relacionados con las emociones y percepciones de las personas que visitan los museos y centros de ciencias. Dentro de las técnicas que permiten realizar recolección de datos se encuentran las encuestas, las entrevistas y la grabación en video de grupos.

Para dar cierre a la evaluación multiángulo del aprendizaje informal en ciencia, propongo la *perspectiva experiencial*, la cual permite identificar opiniones y acciones que quedan en un nivel de experiencia en los museos y centros de ciencias, se asocia con aspectos relacionados hacia cómo fue la vivencia dentro de la sala evaluada, por ejemplo, fue algo bueno, me divertí, me pareció interesante, es bonito, me gustó, no me gustó, no encontré nada bueno, hice, modifiqué, moví un objeto, etc. Esta perspectiva arrojará información relevante acerca de cómo es la interacción de las personas con el espacio evaluado y en específico con los equipamientos interactivos. Las técnicas que permiten obtener información acerca de esta perspectiva son las entrevistas semiestructuradas y la grabación en video de grupos.

Además se propone la implementación de la siguiente rúbrica de evaluación para los museos y centros de ciencias la cual permitirá identificar las categorías de análisis del aprendizaje informal y proporcionará información acerca del ambiente educativo. Este instrumento aunque inicialmente tendrá ejes determinados, deberá ser flexible, abierto y con la posibilidad de reconstruirlo para adaptarlo a las necesidades de cada ambiente educativo informal.

Tabla 21

Rúbrica de evaluación del aprendizaje informal para los museos y centros de ciencias (creación propia).

Criterio	3 puntos	2 puntos	1 punto
Ideas y conceptos de ciencia	Los participantes emiten ideas y/o conceptos relacionados con la temática de ciencia. Los participantes hacen un ejercicio de síntesis de los conceptos presentados en la exposición. Los participantes expresan postura en relación con el tema que se exponiendo. Los participantes realizan una generalización hacia otros temas de la vida cotidiana.	Los participantes expresan ideas y/o conceptos relacionados con el ambiente educativo informal (características físicas). Los participantes realizan un ejercicio de análisis de los conceptos presentados en la exposición.	Los participantes señalan ideas/conceptos de otros temas ajenos al ambiente educativo informal. Los participantes realizan un ejercicio de comprensión de los conceptos exhibidos.
Categoría afectiva	Los participantes expresan curiosidad por la actividad que están realizando. Los participantes se encuentran motivados durante la visita. Los participantes emiten reacciones vinculadas con emociones. Los participantes verbalizan emociones. Se observa disfrute en los participantes. Se observa motivación de logro en la conducta de los participantes. Los participantes muestran interés sobre la temática de ciencia.	Los participantes expresan indiferencia por la actividad que están realizando. Los participantes se encuentran motivados por la interacción con otros. Los participantes no emiten reacciones vinculadas con emociones. Se observan ganas de terminar con la visita. Motivación de logro ausente.	Los participantes se enfocan en la interacción social con otros y dejan de lado la visita.
Categoría experiencial	Los participantes muestran que conocen el objetivo de su visita en el ambiente educativo informal. Los participantes verbalizan lo que sigue en cada paso de su visita.	Los participantes se enfocan en una interacción azarosa en el ambiente educativo informal. Los participantes se orientan a la	Los participantes no muestran un proceso claro acerca de su visita. Los participantes tienen una idea vaga de su visita e

<p>Los participantes muestran que diseñan una estrategia organizada para su visita.</p> <p>Los participantes muestran interés por su experiencia en el espacio museístico.</p> <p>Los participantes indagan en más del 50% de los equipamientos interactivos exhibidos en los museos y centros de ciencias.</p> <p>Los participantes median su experiencia con los equipamientos interactivos, guías e información escrita.</p> <p>Los participantes expresan opiniones relacionadas con su experiencia con lo que están interactuando.</p> <p>Los participantes conversan en torno a su experiencia en el ambiente educativo informal.</p>	<p>convivencia con el otro, dejando en segundo término la visita.</p> <p>Los participantes indagan en menos del 50% de los equipamientos interactivos expuestos en el museo.</p>	<p>interactúan poco o nada con los equipamientos interactivos.</p>
---	--	--

6.3 Conclusiones

La propuesta que hago en esta tesis de una *evaluación multiángulo* cobra fuerza al comprender que los museos y centros de ciencias pueden ser interpretados por el visitante desde diversos ángulos, como apreciaría desde 1986 Sheldon Annis al subrayar que “el significado de la experiencia del visitante dependerá del itinerario que elija recorrer entre símbolos estáticos” (Annis, 1986, p.168). Se encontraron hallazgos interesantes en esta investigación, por ejemplo, que los jóvenes deciden el tipo de visita que desean, algunas veces influida por el guía del ambiente educativo informal y otras por sus acompañantes.

Sabido es que la evaluación por sí misma resulta ser una confrontación de carácter negativo de lo que la institución realiza y visualiza con lo que realmente perciben las personas que visitan los museos y centros de ciencias, es por ello que un estudio desde diferentes ángulos permitirá obtener información que permita elaborar un informe global y tomar decisiones basadas en estudios específicos. Como puntualiza Reynoso (2012) también es frecuente que la evaluación se tome de manera negativa por el personal que labora en el museo debido a que la perciben como una crítica a su trabajo. Sin embargo, es indispensable cambiar esta manera de ver la evaluación,

esta debe verse como un instrumento de apoyo al desarrollo de los proyectos, de operación de los museos y como una herramienta para aprender más y mejorar lo que se ofrece.

La evaluación multiángulo no es un proceso sencillo y de rápida aplicación, se requieren meses para la planeación del estudio (revisión de literatura, guiones del espacio a evaluar, acceso a los mapas y guiones conceptuales, etc.), el diseño de los instrumentos para la recolección de los datos, el pilotaje de los mismos, la capacitación del personal, el análisis de datos y la elaboración de informes, sin embargo, los resultados pueden brindar una guía realista respecto a lo que se esperaría de un museo educativo.

Como mencionan Pol y Asensio (2014) en la evaluación realizada en el CosmoCaixa de Barcelona:

“Evaluar el aprendizaje de la experiencia en el museo, con especial atención en los aprendizajes profundos, que permitirán explicar el cambio conceptual en los esquemas cognitivos producidos en los visitantes sobre los conocimientos recogidos en la exposición, muchos de ellos complejos y conflictivos respecto a las concepciones alternativas existentes en las representaciones alternativas previas de los visitantes” (Pol y Asensio, 2014, p. 25).

Por lo tanto, la retroalimentación basada en el análisis del aprendizaje informal en ciencia proporciona conocimiento respecto a los contenidos científicos que se están representando en el museo (perspectiva cognitiva), los elementos que están impactando en las respuestas individuales de tipo afectivo en las personas que visitan un museo (perspectiva afectiva) y los detalles acerca de la interacción que tiene el visitante con los equipamientos interactivos (perspectiva experiencial).

Aunque dentro de esta retroalimentación que proporciona la evaluación multiángulo se encuentran opiniones que hacen referencia al papel que desempeñan los guías-anfitriones, se requiere un estudio específico para tener la certeza de cómo influyen en el aprendizaje informal en ciencia de los visitantes.

En síntesis, se esperaría que los museos y centros de ciencias basen su toma de decisiones en estudios específicos relacionados con el aprendizaje informal en

ciencia que se construye en estos espacios puesto que forman el eje rector de su objetivo para trascender.

6.4 Recomendaciones

1. Cuando se realiza una evaluación como la que se propone en esta tesis, es necesario ampliar la muestra de grupos para tener mayor detalle de las categorías del aprendizaje informal.
2. Esta propuesta muestra que los logros en aprendizaje de tipo informal se pueden categorizar en cognitivos, afectivos y experienciales, sin embargo, cada una de estas categorías puede proveer mayor información en cuanto al tipo de aprendizaje, lo que se requeriría determinar quizá con otros instrumentos como el *Personal Meaning Mapping* para profundizar en cada categoría.
3. La propuesta de evaluación multiángulo requiere de al menos tres meses para la recolección de los datos, durante este tiempo es necesario documentar que las dinámicas de cada sala cambian en función de los guías y la funcionalidad de los equipamientos interactivos, por lo tanto resulta relevante contar con apoyo para la recolección de los datos.
4. Se han podido detectar otros aspectos que quedan como preguntas de investigación tales como, el nivel de comprensión de los textos que se leen, los intereses de los jóvenes mexicanos respecto a los temas de ciencia y tecnología, cuáles serían las nociones básicas de ciencia que deberían construir los visitantes en los museos y centros de ciencias.
5. Los resultados de esta investigación aportan beneficios hacia otros aspectos de los museos y centros de ciencias como el proceso de mediación, el conocer esta información permitiría replantear tanto el concepto como la puesta en marcha en estos espacios.



Referencias

- Aguado-Aguilar, L. (2001). Aprendizaje y memoria. *Revista de Neurología*, 32(4), pp. 373-381.
- Alderoqui-Pinus, D. y Pozo, J. (2013). Epistemic Actions in Science Museums: Families Interacting with the Mirror Room Exhibit. *Revista de Psicodidáctica*, 18, 2, pp. 275-292.
- Annis, S. (1986). El museo como espacio de la acción simbólica. *Museum. Reflexiones y balances*. No. XXXVIII, 3, pp. 168-171.
- Anderson, D. y Ellenbogen, K. M. (2012). Learning Science in Informal Contexts- Epistemological Perspectives and Paradigms. En Fraser, B.J. et al., (Eds.), *Second International Handbook of Science Education*, Springer International Handbooks of Education 24. New York: Springer.
- Asenjo, E., Asensio, M., y Rodríguez-Moneo, M. (2012). Aprendizaje informal. En Asensio, M., Rodríguez-Moneo, M., y Asenjo, E. y Castro (Eds). *Series Iberoamericanas de Museología*. Vol 2, pp. 39 - 42.
- Ahumada, P. (2005). *Hacia una evaluación auténtica del aprendizaje*. México: Editorial Paidós Mexicana, S. A.
- Arias, J. (2012). *El diseño colaborativo para el desarrollo de equipamientos interactivos en museos de ciencias: la exposición "Evolución Vida y Tiempo" en Universum*. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Metropolitana. México.
- Atlas ti (version 8). Software de computación. Berlín Software Development GmbH.
- Bermúdez, M. (1986). Aplicación del análisis de contenido a la entrevista. *Ciencias sociales*. 33, pp. 135-143.

- Bitgood, S. (2006). An analysis of visitor circulation: Movement patterns and the general value principle. *Curator: The Museum Journal*, 49 (4), pp. 463-475. Doi: 10.1111/j.2151-6952.2006.tb00237.x
- Bitgood, S. (2011). *Social designs in museums: the psychology of visitor studies*. Collected essays (Vol. 1) Edinburg: Museums.
- Burns, T.W., O'Connor, D.J. y Stocklmayer, S.M. (2003). Science communication: a contemporary definition. *Public Understanding of Science*, UK, Sage Publications, 12, pp. 183-202.
- Camarero, C., Garrido-Samaniego, M. J. y Silva-García, R. (2009). Generating Emotions through Cultural Activities in Museums. *International Review on Public and Nonprofit Marketing*, 6 (2), pp. 151-165.
- Castellanos, P. (2008). *Los museos de ciencias y el consumo cultural: Una mirada desde la comunicación*. Barcelona: Universitat Oberta de Catalunya.
- Callanan, M., Cervantes, Ch., y Loomis, M. (2011). Informal learning. *Wiley interdisciplinary reviews. Cognitive science*. 2(6) November, pp. 646-655.
- Chang, E. (2006). Interactive experiences and contextual learning in museums. *Studies in Art Education*. 47(2), pp. 170-186.
- Csikszentmihályi, M. (1997). *Fluir (Flow). Una psicología de la felicidad*. Barcelona: editorial Kairos.
- Compayré, G. (1902). *Historia de la pedagogía*. México: Librería de la Vda de Ch Bouret.
- Costa, M. y Boada, M. (2002). La museografía interactiva. Saberes Museología. *Mundo científico*. No. 240. pp. 48-53.
- Crowley, K., Pierroux, P. y Knutson, K. (2014). Informal learning in museums. En *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, Second edition, Chapter: 23, Publisher: Cambridge University Press, Editors: Keith Sawyer, pp. 461-478.

DIF Programa de niñas y niños talento. Gobierno de la Ciudad de México. <https://www.dif.cdmx.gob.mx/programas/programa/programa-de-ninas-y-ninos-talento>, Consultado el 2 de mayo de 2019.

diSessa, A. (2004). Metarepresentation: Native Competence and Targets for Instruction. *Cognition and Instruction*, 22 (3), pp. 293-331.

Duensing, S. (2005). Museos de ciencia y contextos culturales. *Sinéctica*, 26, febrero – julio.

Falla, S. (2014). *El significado de la ciencia y la tecnología que los jóvenes y adultos construyen en Maloka. Convergencias y divergencias en torno a la creación de la experiencia*. Trabajo de grado para optar por el título de Magister en Comunicación Social. Facultad de Comunicación y Lenguaje. Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá, Colombia.

Falk, J. (2014). *Supporting the Implementation of NGSS through Research: Informal Science Education*. Recuperado el 19 de mayo de 2018, de [https://www.narst.org/NGSSpapers/Informal Science Education June2014.pdf](https://www.narst.org/NGSSpapers/Informal%20Science%20Education%20June2014.pdf)

Falk, J., y Dierking, L. (2000). *Learning from Museums, Visitor Experiences and the Making of Meaning*, California, USA: Altamira Press.

Falk, J.H. (2003). Personal Meaning Mapping. En G. Caban, C. Scott, J.H. Falk and L.D. Dierking (Eds), *Museums and Creativity: A study into the role of museums in design education*. Sydney: Powerhouse Publishing.

Falk, J., Dierking, L. y Foutz, S. (2007). *In principle, in practice. Museums as learning institutions*. Washington: Altamira Press.

Falk, J., Heimlich, J., y Foutz, S. (2009). *Free-choice learning and the environment*. Nueva York: Altamira Press.

- Falk, J. H., y Gillespie, K.L. (2009). Investigating the role of emotion in science center visitor learning. *Visitor Studies*, 12 (2), pp. 112-132. Doi: 10.1080/10645570903203414
- Falk, J., Moussouri, T. y Coulson, D. (1998). The effect of visitor's agendas on museums learning. *Curator. The Museum Journal*, 41, 2, Junio.
- Festinger, L y Katz, D. (1992). *Los métodos de investigación en las ciencias sociales*. España: Paidós Ibérica, S.A.
- Flick, U. (2007). *Introducción a la investigación cualitativa*. 2ª edición. Madrid: Ediciones Morata.
- Griffin, J., Kelly, L., Savage, G. y Hatherly, J. (2005). Museums Actively Researching Visitor Experiences and Learning (MARVEL): a methodological study. *Open Museum Journal*, Volume 7, November.
- Guisasola, J., y Morentin, M. (2005). Museos de ciencias y aprendizaje de las ciencias, una relación compleja. *Alambique*, 43, pp. 58-66.
- Guisasola, J., y Morentin, M. (2007). ¿Qué papel tienen las visitas escolares a los museos de ciencias en el aprendizaje de las ciencias? Una revisión de las investigaciones. *Enseñanza de las ciencias*, 25(3), pp. 401-414.
- Gutiérrez, S. y Calaf, R. (2013). La evaluación pedagógica: una realidad en el museo. *Pulso. Revista de educación*, 36, pp. 37-53.
- Gutwill, J. P. y Allen, S. (2013). Group Inquiry by Visitors at Exhibits (GIVE) is an ongoing research project at the Exploratorium, funded by the National Science Foundation. https://exploratorium.edu/vre/visitor_research/give/index.html. Consultado el 16 de diciembre de 2019.
- Hein, G. E. (1998). *Learning in the Museum*. London: Routledge.
- Hernández, P., Fernández, C. y Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill/Interamericana editores, S.A de C.V.

- Hooper-Greenhill, E. (1998). *Los museos y sus visitantes*, TRED A: Madrid.
- Jenkins, E. W. (1994). Public understanding of science and education for action. *Journal of Curriculum Studies*. Canadá, 26 (6), pp. 601-611.
- Kandel, E., Schwartz, J., Jessell, T., Siegelbaum, S., Hudspeth, A. (2003). *Principles of neural science*. United States: McGraw-Hill.
- Kerlinger, F. N. (1999). *Investigación del comportamiento*, 4ª edición, México: McGraw-Hill.
- King, B. y Lord, B. (2016). *The Manual of Museum Learning*. London: Rowman & Littlefield.
- Koran, J. J. & Ellis, J. (1991). Research in informal settings: some reflections on designs and methodology. *ILVS Review: A Journal of Visitor Behavior*. Milwaukee, Wisconsin, International Laboratory for Visitor Studies, Vol. 2 (1), pp. 67-85, Spring.
- Kvale, S. (2011). *Las entrevistas en investigación cualitativa*. Madrid: Ediciones Morata.
- Lavados, J. (2012). *El cerebro y la educación. Neurobiología del aprendizaje*. Chile: Aguilera chilena de ediciones, S. A.
- Lelliott, A. (2009). Using Personal Meaning Mapping to gather data on school visits. En G. Vavuola, N. Pachler y A. Kukulska-Hulme (Eds.). *Research Methods in Mobile and Informal Learning*. Oxford: Peter Lang, pp. 205-220.
- Livingstone, P., Pedretti, E., and Soren, B.J. (2001). Visitor comments and the socio-cultural context of science: public perceptions and the exhibition A Question of Truth. *Museum Management and Curatorship*, 19(4), pp. 355-369.
- Medina, S. R. (2006). *Evaluación institucional*. México: Publicaciones Cruz O.S.A.

- Meredith, J., Fortner, R.W., y Mullins, G.W. (1997). Model for affective learning for non formal science education facilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(8), pp. 805-818.
- Mora, F. (2019). El cerebro sólo aprende si hay emoción. *Educación 3.0*. Nota de septiembre. Consultado el 24 de octubre 2019 en <https://www.educaciontrespuntocero.com/entrevistas/francisco-mora-el-cerebro-solo-aprende-si-hay-emocion/33224.html>
- MUSA Iberoamericana. (2019). *Base de datos de Museos y Centros de Ciencias en Iberoamérica*. Documento interno.
- National Research Council US. (2000). *Group inquiry by visitors at exhibits*. Consultado el 8 de enero de 2020 en http://exploratorium.edu/vre/visitor_research/qive/
- National Research Council US. (2009). *Learning Science in Informal Environments: People, Places and Pursuits*. Committee on Learning Science in Informal Environments. P. Bell, B. Lewenstein, A. W. Shouse y M. A. Feder (Editors). Board on Science Education. Center for Education. Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academic Press. <https://doi.org/10.17226/12190>.
- Osborne, R. y Freyberg, P. (1998) *El Aprendizaje de las ciencias. Influencia de las "ideas previas" de los alumnos*. España: Narcea, S.A. de ediciones, 3ra edición.
- Packer, J. (2006). Learning for fun: The unique contribution of educational leisure experiences. *Curator: The Museum Journal*, 49(3), pp. 329-344. doi: 10.1111/j.2151-6952.2006.tb00227
- Pastor Homs, M. I. (2004). *Pedagogía museística. Nuevas perspectivas y tendencias actuales*. España: Ariel Patrimonio.

- Pekarik, A. Schreiber, J. B., Hanemann, N., Richmond K., y Mogel, B. (2014). IPOP: A theory of experience preference. *Curator: The Museum Journal*, 57 (1), pp. 5-27. doi: 10.1111/cura.12048.
- Pérez, C., Díaz, M., Echeverría, M. y Cuesta, M. (1998). *Centros de ciencia. Espacios interactivos para el aprendizaje*. Bilbao: Servicio Editorial de la Universidad del País Vasco.
- Pérez-Santos, E. (2000). *Estudios de visitantes en museos. Metodología y aplicaciones*. España: Trea, Gijón.
- Pol, E. y Asensio, M. (2014). *Evaluación de la exposición permanente CosmoCaixa Barcelona*. Documento interno Obra social “la Caixa”. Barcelona. Recuperado de:
https://obrasociallacaixa.org/documents/10280/614053/evaluacion_expo_permanente_cosmocaixa_bcn_es.pdf/a291f05e-9937-44ed-938b-32bc562905b9
- Pozo, J. I. (1997). *Teorías cognitivas del aprendizaje*. España: Ediciones Morata. Quinta edición.
- Pozo, J. I. (2014). *Psicología del aprendizaje humano. Adquisición de conocimiento y cambio personal*. Madrid: Morata.
- Red del Agua UNAM. (2019). Página web: <http://www.agua.unam.mx/>
- Red del Agua y Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM (2015). *Guión conceptual y museográfico para la exposición permanente Agua elemento de la vida*. Documento interno.
- Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe (2015). *Guía de Centros y Museos de Ciencia de América Latina y el Caribe publicada*. Río de Janeiro: Museu da Vida/Casa de Oswaldo Cruz/Fiocruz: RedPOP; Montevideo: Unesco, ISBN 978-85-85239-92-3.
- Rennie, L. J. y McClafferty, T. (1996). Science centres and science learning. *Studies in Science Education*, 27, 1, pp. 53-98.

- Reynoso, E. (1997). El potencial didáctico de un museo de ciencias interactivo. *Revista Mexicana de Pedagogía*, 6 (22), pp. 19-23.
- Reynoso, E. (2012). *La cultura científica en los museos en el marco de la educación informal*. Tesis para obtener el grado de Doctora en Pedagogía. UNAM.
- Roberts, L.C. (1997). *From Knowledge to Narrative: Educators and the Changing Museum*. Washington: Smithsonian Institution Press.
- Ruiz, J. M. (1998). *Cómo hacer una evaluación de centros educativos*. Madrid, Narcea, S.A. de ediciones.
- Sarramona, J. (1992). *La educación no formal*. Barcelona: Pedagogía social, CEAC, S. A. de C.V.
- Sánchez-Mora, M. C. (2006). La exposición museográfica como apoyo a la enseñanza de la mecánica cuántica. *Revista Mexicana de Investigación Educativa*. Vol XI, No. 30, pp. 913-942.
- Sánchez-Mora, M. C. (2007a). La función educativa de los museos de ciencia. En Rico, L. Sánchez-Mora, M. C., Tagüeña, J. y Tonda, J. (Eds.). *Museología de la Ciencia, 15 años de experiencia*. México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, pp. 97-128.
- Sánchez-Mora, M. C. (2007b). Una metodología para evaluar el aprendizaje informal a partir de exhibiciones de museo. En Biro, S. (2007). *Miradas desde afuera: Investigación sobre divulgación*. México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM, Colección Divulgación para divulgadores.
- Sánchez-Mora, M. C. (2007c). La evaluación en ámbitos de educación informal en ciencias. En Rico, L., Sánchez-Mora, M. C., Tagüeña, J. y Tonda, J. (2007) *Museología de la ciencia: 15 años de experiencia*. México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia, UNAM.
- Sánchez-Mora, M. C. (2008). La evaluación en museos y centros de ciencias. En Lozano, M., y Sánchez-Mora, M. C. (2008). *Evaluando la comunicación de la*

ciencia: Una perspectiva latinoamericana. México: CYTED, AECI, DGDC-UNAM, 206 p. ISBN 978-607-2-00193-0.

Sánchez-Mora, M. C. (2013). Museos de ciencias, escuelas y profesorado, una relación a revisarse. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*. 10 (3), pp. 377-393.

Sánchez-Mora, M. C. (2018). *Los museos de ciencias. Universum 25 años de experiencia*. México: Dirección General de Divulgación de la Ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México.

Scolari, C.A. (2018). Informal learning strategies. En C.A. Scolari (Ed.), *Teens, media and collaborative cultures – Exploiting teens’ transmedia skills in the classroom* Barcelona: Universitat Pompeu Fabra, pp. 78-85.
<https://bit.ly/2vMXPGX>

Screven, C. G. (1990). Uses of evaluation before, during and after exhibit design. *ILVS Review*, 1 (2,), pp. 36-66.

Semper, (1990). Science Museums as environments for learning. *Physics Today*, 43, 11, pp. 50-56.

Serrell, B. (1998). *Paying attention: visitors and museums exhibitions*. Washington, DC: American Association of Museums.

Serrell, B. (2010). *Paying more attention to paying attention*. Recuperado de:
<https://www.informalscience.org/news-views/paying-more-attention-paying-attention>

Shettel, H. (2008). No visitor left behind. *Curator: the Museum Journal*, 51 (4), pp. 367-375. doi: 10.1111/j.2151-6952.2008.tb00323.x

Smith, M. K. (2002). Malcolm Knowles, informal adult education, self-direction and andragogy, *The encyclopedia of informal education*. www.infed.org/thinkers/et-knowl.htm.

- Stocklmayer, S. (2005). Public awareness of science and informal learning a perspective on the role of science museums. *The National Academies Center for Education Board on Science Education*. Recuperado el 19 de mayo, 2018, de http://mps.uchicago.edu/docs/articles/Informal_Science_Susan_Stocklmayer_Think_Piece.pdf
- Strike, K. y Posner, G. (1985). A conceptual change view of learning and understanding. En West & Pines (eds.). *Cognitive Structure and Conceptual Change*, Academic Press, pp. 211-231.
- Tickle-Degnen, L. y Rosenthal, R. (1990). The nature of rapport and its nonverbal correlates. *Psychological Inquiry*, Vol 1. No. 4, pp. 285-293.
- Trilla, J. (1993). *La educación fuera de la escuela. Ámbitos no formales y educación social*. Barcelona: Ariel, 11-39. Recuperado de: https://www.academia.edu/40318051/La_educaci%C3%B3n_formal_no_formal_e_informal
- Universum, Museo de las Ciencias UNAM – DGDC. (2019). <http://www.universum.unam.mx>
- Vázquez, A. A, y Manassero, M. A. (2007). Las actividades extraescolares relacionadas con la ciencia y la tecnología. *Revista electrónica de investigación educativa*. 9 (1), pp. 1-22. Recuperado el 19 de mayo, 2018, de <https://redie.uabc.mx/redie/article/view/156/269>.
- Viché, D. (2009). Evaluación y calidad en educación no formal. *Revista Práticas de Animação*, Año 3, Número 2, Octubre 2009. Universidad Nacional de Educación a Distancia – UNED.
- Villa, M. (2016). Learning at the Science Museum. A study in the public's experiences with different types of visit at the Museo Nazionale della Scienza e della Tecnologia “Leonardo da Vinci” in Milan, Italy. *Journal of Science Communication*, 15 (04). Recuperado de:

https://jcom.sissa.it/sites/default/files/documents/JCOM_1504_2016_A01_en.pdf

Watson, J. B. (1913). Psychologist as the behaviorist views it. *Psychological Review*, 20 (2), pp. 158–177.

Wang, J. y Yoon, S. (2013) Scaffolding visitors' learning through labels. *Journal of Museum Education*, 38 (3), 320-332, <https://doi.org/10.1080/10598650.2013.11510784>

Yalowitz, S. S. y Bronnenkant, K. (2009). Timing and Tracking: Unlocking Visitor Behavior. *Visitor Studies*, 12 (1), pp. 47-64. DOI: 10.1080/10645570902769134

Anexo I

Guion de entrevista

Primer acercamiento: presentación de la investigación

Aspectos generales:

Género

- Hombre
- Mujer

Edad por rango

- Entre 12 y 13 años
- Entre 15 y 18 años
- Entre 19 y 22 años
- Entre 22 y 30 años
- Más de 30 años

Nivel educativo

- Secundaria
- Bachillerato
- Licenciatura
- Posgrado

Código postal de donde vives _____

¿Cuántas veces has visitado el Museo de las Ciencias Universum?

- 1 a 5 veces en un año
- De 5 hasta 10 veces en un año
- Más de 10 veces al año

Guión de entrevista

Categoría cognitiva - ¿Menciona los conceptos que te presentamos en esta exposición?

Categoría cognitiva - ¿Cuál crees que es el objetivo de esta exposición?

Categoría afectiva - De los siguientes equipamientos, elige el que más llamó tu atención:

- Video mapping (introducción a la sala)
- Cuenca de agua (rompecabezas 3D/infografías/realidad virtual).
- Código de barras (Agua virtual, diorama con escáner para obtener datos de cuánta agua se usa por producto).
- Tuberías (obras hídricas: abastecimiento de agua potable, pizarrón magnético con dispositivos mecánicos).

Nota: Se adoptó un nombre corto para facilitar la identificación del equipamiento por parte del visitante.

Preguntas del equipamiento interactivo seleccionado

Categoría experiencial - ¿Qué te muestra este equipamiento?

Categoría experiencial - ¿Qué hiciste con este equipamiento?

Categoría cognitiva - ¿Cuál es el mensaje principal?

Preguntas generales de cierre

Categoría experiencial - ¿Qué aprendiste en esta exposición?

Categoría afectiva - ¿Cómo fue la experiencia que viviste en esta exposición?

Categoría afectiva - Comentarios que desee agregar.

Anexo 1. Guión de entrevista breve

Anexo II

Cuestionario previo al registro en video

Aspectos generales

Nombre de tu escuela

¿en qué grado estás?

¿cuál es tu género?

¿qué edad tienes?

¿en qué colonia vives?

¿en qué delegación/alcaldía/municipio?

Contexto escolar

¿Qué tan buen estudiante te consideras? Escala del 1 al 5.

¿Cuál es tu materia favorita en la escuela?

¿Encuentras interés en las materias de ciencias y tecnología?

- Sí
- No

¿por qué? _____

¿En dónde escuchas hablar de ciencia y tecnología?

- En la escuela
 - En la televisión
 - En la radio
 - En mi familia
 - Entre mis amigos
 - En internet
 - En ninguna parte
-

Actividades/Intereses

¿Practicas alguna actividad extraescolar?

- Sí
- No

¿cuál? _____

Marca cuáles de las siguientes actividades realizaste con tu familia durante los últimos doce meses (puedes seleccionar varias opciones)

- Visitar parques, reservas naturales, jardines botánicos o zoológicos
 - Pasear por el centro comercial con amigos y familiares
 - Participar en fiestas populares
 - Ir al teatro, circo o espectáculos de danza
 - Visitar parques de diversiones o parques acuáticos
 - Ir al cine
 - Visitar museos o centros culturales
 - Ir a la biblioteca
 - Asistir a conciertos, recitales, presentaciones de música
 - Visitar ferias y exposiciones artesanales
-

Anexo 2. Cuestionario previo al registro en vídeo (elaborado para un Estudio sobre los museos de ciencia en América Latina).

Anexo III

Ejemplo de transcripciones de entrevista

VIDEOMAPPING

En primer lugar se presentan las cuatro entrevistas desarrolladas en el videomapping, el cual forma parte de la introducción a la sala *Agua elemento de la vida*. El objetivo de este equipamiento interactivo es experimentar que el agua es movimiento, acción, vida y que todos los seres vivos estamos formados por agua (Red del Agua & DGDC, 2015).

Actividad del visitante: observar

Entrevista 1	Categorías de análisis
<p>Menciona los conceptos que te presentamos en esta exposición.</p> <p>R: Una parte que me gusto, fue la de toma de decisiones entre respecto al uso responsable de este recurso y también la otra acerca de los derechos humanos, es que el acceso al agua por parte de las personas es un derecho humano que se debe fomentar y que las personas deben conocer.</p> <p>¿Cuál crees que es el objetivo de esta exposición?</p> <p>R: Objetivo, pues, concientizar acerca de la importancia del recurso y su uso.</p> <p>De los siguientes equipamientos, elige el que más llamó tu atención.</p> <p>R: El videomapping, aunque no interactúe, pero te muestra cómo es que surge este recurso aquí en la Tierra, hasta el uso y la interacción que tienen las personas.</p> <p>Preguntas del equipamientos interactivos</p> <p>¿Qué te muestra este equipamiento?</p> <p>R: Es que... no la vi completa, (se ríe), pero me acuerdo que una de las pantallas hablaba sobre el origen que es el extra terrestre y el volcánico y muestra esas dos partes.</p> <p>¿Qué hiciste con este equipamiento?</p>	<p>Una parte que me gusto.</p> <p>(...) uso responsable de este recurso (...) derechos humanos.</p> <p>(...) el acceso al agua por parte de las personas es un derecho humano que se debe fomentar y que las personas deben conocer.</p> <p>(...) concientizar acerca de la importancia del recurso y su uso.</p> <p>(...) te muestra cómo es que surge este recurso aquí en la Tierra, (...) concientizar acerca de la importancia del recurso y su uso.</p> <p>(...) me acuerdo (...)</p>

<p>R: Observar el video.</p> <p>¿Cuál es el mensaje principal del video?</p> <p>R: Pues, cómo un recorrido de todo, desde cómo se origina hasta cómo se utiliza por parte de las personas este recurso.</p> <p>Preguntas generales</p> <p>¿Qué aprendiste en esta exposición?</p> <p>R: Pues desde la parte física como de la ciencia física exacta acerca de las cuencas, la parte de ingeniería con el uso de las tuberías, además de la toma de decisiones y derechos como la parte más social de toda la sala, esas tres partes.</p> <p>¿Cómo fue la experiencia que viviste en esta exposición?</p> <p>R: Diversión (se ríe).</p> <p>No agregó ningún comentario extra.</p>	<p>(...) recorrido de todo, desde cómo se origina hasta cómo se utiliza por parte de las personas este recurso.</p> <p>(...) desde la parte física como de la ciencia física exacta acerca de las cuencas, la parte de ingeniería con el uso de las tuberías, además de la toma de decisiones y derechos como la parte más social de toda la sala, esas tres partes.</p> <p>Diversión</p>
---	--