



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS  
DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA  
FACULTAD DE CIENCIAS



**EVALUACIÓN DE LA CREATIVIDAD  
EN PRODUCTOS DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA:  
UN MODELO PARA LOS MUSEOS Y CENTROS DE CIENCIA**

T E S I S  
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:  
DOCTORA EN FILOSOFÍA DE LA CIENCIA  
(LÍNEA DE COMUNICACIÓN DE LA CIENCIA)

P R E S E N T A:  
**ADRIANA ELISA ESPINOSA CONTRERAS**

COTUTORAS:  
**DRA. ATOCHA ALISEDA LLERA**  
(INSTITUTO DE INVESTIGACIONES FILOSÓFICAS)  
**DRA. MARÍA DEL CARMEN SÁNCHEZ MORA**  
(DIRECCIÓN GENERAL DE DIVULGACIÓN DE LA CIENCIA)

Ciudad Universitaria, Cd. Mx.

Diciembre, 2016





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.

## *Agradecimientos*

*A mis seres queridos y a toda mi familia, los Espinosa, los Contreras, los Peña y agregados. Gracias a todos y cada uno de ustedes. Si comienzo a mencionarlos uno por uno, nunca acabaría. Ustedes saben quiénes son.*

*A mis tutoras Dra. Atocha Aliseda y Dra. Carmen Sánchez Mora quienes guiaron este trabajo con dedicación, paciencia y entrega. A mis sinodales Gloria Valek, Jorge Linares y Julián Betancourt por todas sus observaciones y correcciones.*

*Gracias a mis amigos por todo su apoyo en mis locos momentos de histeria: A Norma Angélica Romero, Edith Valencia, Olga Lidia Torres, Elizabeth Feria Arce, Elizabeth García Manzo, Yolanda Nigó, Lorena Granja, Rosario Pérez Bueno, mis amigas de la Facultad de Estudios Superiores Aragón; Bianca Santini, Romi Portilla, Elizabeth Ureta, mis amigas de la Facultad de Ciencias; Alejandra Bernal, Leticia López Velasco, Ramón Gutiérrez, Fabiola Téllez, Noemí Vidal, Sara Larios, Tonatiuh Herrera y Juan Carlos Quintas de la Parra, amigos de la vida. A mis amigas y colaboradoras Carolina Ureta, Guadalupe Gutiérrez, Luz Angélica Hernández Carbajal y Socorro Campos, nos esperan muchas cosas emocionantes.*

*A Elsa Aguirre por hacerme recordar siempre ese tiempo increíble que pasamos con el Dr. Miguel Ángel Herrera en el anexo de Ingeniería de la UNAM, dentro del Proyecto Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial.*

*A mis maestros (Luis Alfredo Mora, Luis Ramírez Flores –quien nos dejó en 2015– y Luis Estrada – quien nos dejó en 2016–), a quienes admiro profundamente y cada día me alientan a seguir por el buen camino del conocimiento: Julieta Fierro, Ana María Sánchez Mora, María Sánchez Cordero, María Eugenia López y Tori Amos.*

*Gracias a la beca CONACYT que me permitió irme a las miniestancias a diferentes museos en el mundo y que me apoyó en todo el tiempo que duró el doctorado.*

*Dedicatoria especial:*

*A mis personas favoritas*

*mi mamá Elisa Contreras Peña y mi hermana Cynthia Espinosa Contreras,  
quienes me han demostrado que el amor verdadero sí existe.*

*A las que perdí en enero y febrero de 2013,*

*pero que por el dolor parece que fue hace un instante,*

*mi abuelito Juan Contreras Torres y mi papá Felipe de Jesús Espinosa Velásquez,*

*y a quienes se unieron en enero, mayo y julio de 2015,*

*pero en especial a mis tíos queridos, Juan Carlos Contreras Peña y Miguel Ángel Peña, y a Sabrina.*

*A las que siempre me cuidan desde lejos*

*mi abuelita Ma. de los Ángeles Peña Heredia,*

*mi bisabuelita Sol Heredia de Peña,*

*mi tía Rosa María Contreras Peña*

*y el Dr. Miguel Ángel Herrera.*

*Adi Elisa*

## Índice

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	7
Planteamiento del problema.....	9
Objetivos particulares del proyecto.....	9
Hipótesis de trabajo.....	10
Contenido de cada capítulo de la tesis.....	10
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>LOS MUSEOS DE CIENCIA COMO ESPACIOS CREATIVOS</b> .....	13
Introducción.....	15
Museos de la antigüedad.....	16
Museos en la Edad Media y el Renacimiento.....	17
Aparición de los jardines botánicos, zoológicos y acuarios	19
El desarrollo de los museos universitarios.....	21
Museos de historia natural y museos de la tecnología como centros de investigación.....	22
Primeros museos de ciencia e industria.....	26
Centros educativos de ciencia y tecnología.....	28
Conclusión del capítulo.....	32
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>LAS DISTINTAS CARAS DE LA CREATIVIDAD</b> .....	35
Introducción.....	37
Hacia una definición de la creatividad.....	39
La creatividad como proceso y como producto.....	39
Diferentes enfoques y posturas de la creatividad.....	40
Popper y la lógica del descubrimiento.....	41
Momento <i>Eureka</i> , serendipia o casualidad.....	43
Los tres reinos de Rom Harré.....	48
Lógica creativa o resolución de problemas.....	51
Modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi.....	52
Conclusión del capítulo.....	54
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>EL MUSEO DE CIENCIA MÁS CREATIVO</b> .....	57
Al encuentro del museo de ciencia que se ha convertido en un modelo a seguir.....	59
Origen del <i>Exploratorium, el museo de ciencia, arte y percepción humana</i> .....	63
El individuo: el Dr. Frank Oppenheimer, pensador original, explorador intrépido, maestro creativo e insistente.....	66
La cultura: el dominio de las áreas de la física, la enseñanza y los museos.....	70
El campo simbólico: los expertos en museos.....	73
Conclusión del capítulo.....	76
<b>CAPÍTULO 4</b>	
<b>LA POSIBILIDAD DE EVALUAR LA CREATIVIDAD</b> .....	77
Introducción.....	79
La evaluación, una definición.....	79
La posibilidad de evaluar la creatividad.....	83
Recopilación de datos para extraer y evaluar los rasgos creativos en museos y centros de ciencia.....	85
Técnicas heurísticas para el análisis de datos.....	88
Etapas para el análisis de datos.....	90
Investigación oportuna.....	90
Selección de variables.....	92
Tabla de ausencia/presencia.....	92
Distancia, disimilaridad y similaridad.....	93
Selección del criterio de agrupación.....	94
Interpretación de resultados.....	96
Conclusión del capítulo.....	97

## CAPÍTULO 5

<b>CARACTERIZACIÓN DE EXHIBICIONES, CÉDULAS Y TEMÁTICAS EN MUSEOS Y CENTROS DE CIENCIA</b> .....	99
Introducción.....	101
Aplicación de las técnicas heurísticas a los análisis de datos de los MCC.....	101
Metodología de análisis y caracterización de datos.....	102
Caracterización de Exhibiciones.....	104
Las exhibiciones en los MCC.....	105
Tabla de ausencia/presencia.....	107
Matriz de distancias.....	109
Dendrograma resultante.....	110
Resultados preliminares.....	111
Análisis de resultados por grupos.....	112
Museos cercanos y museos lejanos resultantes.....	120
Conclusiones de análisis y resultados.....	121
Caracterización de Cédulas.....	122
Las cédulas de los MCC.....	123
Tabla de ausencia/presencia.....	124
Matriz de distancias.....	125
Dendrograma resultante.....	126
Resultados preliminares.....	127
Análisis de resultados por grupos.....	128
Museos cercanos y museos lejanos resultantes.....	133
Conclusiones de análisis y resultados.....	134

Caracterización de Temáticas.....	135
Las temáticas de los MCC.....	136
Tabla de ausencia/presencia.....	138
Matriz de distancias.....	139
Dendrograma resultante.....	140
Resultados preliminares.....	141
Análisis de resultados por grupos.....	142
Museos cercanos y museos lejanos resultantes.....	149
Conclusiones de análisis y resultados.....	150

## CAPÍTULO 6

<b>RASGOS CREATIVOS EN LOS MUSEOS Y CENTROS DE CIENCIA</b> .....	151
Introducción.....	153
¿Cómo considerar los rasgos creativos a evaluar en un análisis de datos de museos de ciencia?.....	153
La novedad como uno de los rasgos creativos.....	156
Surgimiento de aspectos novedosos y/o creativos en el <i>Exploratorium</i> .....	157
Análisis final e interpretación de resultados en Exhibiciones.....	157
Índice de novedad en museos ancestros.....	157
Matriz de novedades en museos ancestros.....	158
Cladograma de rasgos novedosos en museos ancestros.....	160
Índice de novedad en museos descendientes.....	161
Matriz de novedades en museos descendientes.....	162
Ejemplos gráficos de algunas exhibiciones.....	164
Rasgos creativos más encontrados en los MCC.....	167

Análisis final e interpretación de resultados en Cédulas.....	168	<b>ANEXOS</b> .....	225
Índice de novedad en museos ancestros.....	168	Anexo 1: Preguntas del recorrido museístico que se	
Matriz de novedades en museos ancestros.....	168	respondieron durante la investigación de esta tesis.....	227
Cladograma de rasgos novedosos en museos		Anexo 2: Análisis matemáticos de datos con SPSS.....	234
ancestros.....	170	Anexo 3: Aportaciones y productos derivados.....	237
Índice de novedad en museos descendientes.....	171		
Matriz de novedades en museos descendientes.....	172		
Ejemplos gráficos de algunas cédulas.....	173		
Rasgos creativos más encontrados en los MCC.....	178		
Análisis final e interpretación de resultados en Temáticas..	178		
Índice de novedad en museos ancestros.....	178		
Matriz de novedades en museos ancestros.....	179		
Índice de novedad en museos descendientes.....	180		
Cladograma de rasgos novedosos en museos			
ancestros.....	181		
Matriz de novedades en museos descendientes.....	183		
Ejemplos gráficos de algunas temáticas.....	184		
Rasgos creativos más encontrados en los MCC.....	187		
Discusión de resultados.....	188		
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	195		
Conclusiones.....	197		
Recomendaciones y futuras líneas de investigación.....	209		
<b>REFERENCIAS</b> .....	215		
Referencias.....	217		
Fuentes electrónicas.....	224		
Bibliografía consultada.....	224		
Documentales.....	224		



## Introducción 7

*“Cuerpos de hielo”, exhibición del Exploratorium, Adriana Elisa Espinosa, 2011.*

## **Introducción**

Cuando se llega a escuchar la palabra museo, casi siempre se evocan imágenes de esos gigantescos lugares que albergan grandes colecciones de objetos antiguos. Sin duda alguna, los museos son lugares donde se exhiben las maravillas de la naturaleza pero también los resultados de una gran creatividad humana. Trátese de obras de arte, utensilios, herramientas, maquinarias o un sinfín de objetos artificiales, siempre queda constatado que los humanos construyen objetos, y que cuando son originales, nuevos, interesantes, únicos e irremplazables, se los valora como poseedores de un alto grado de creatividad.

El área a la que más comúnmente se le atribuye la característica de creatividad es al arte, pero, aunque no lo parezca, en ramas como la ingeniería, las matemáticas y la ciencia en general, también se logran resultados altamente creativos. Si bien en el mundo se cuenta con un número inimaginable de museos de arte, también han logrado gran importancia los de historia de la ciencia, los museos de historia natural, los de tecnología e industria y, por supuesto, los de ciencia. Estos últimos han logrado captar la atención de millones de visitantes al año, al contar con exhibiciones altamente interactivas que las hacen muy atractivas desde el momento en que ambos, el visitante y la exhibición, entran en contacto. Pero, ¿por qué hoy en día se encuentran casi los mismos equipamientos interactivos en los diferentes museos y centros de ciencia alrededor del mundo? ¿por qué se ha favorecido la clonación de

equipos interactivos? ¿es la creatividad un elemento clave para lograr introducir nuevos tipos de exhibiciones en museos y centros de ciencia? ¿existe algún museo o centro de ciencia en particular que sirvió de modelo inspirador para la creación de otros? ¿se pueden hacer evaluaciones periódicas de la creatividad para incentivar la construcción de productos originales en museos y centros de ciencia?

## **Planteamiento del problema**

Hasta ahora he encontrado muy pocos estudios para evaluar un proceso o producto creativos y los hay menos o ninguno para museos o centros de ciencia. Es por esto que, en esta investigación, me propuse analizar diferentes productos de divulgación de la ciencia (exhibiciones, cédulas y temáticas), que son parte esencial de los museos, para así lograr identificar los indicadores creativos que ayuden a decidir cuándo aparecen por primera vez en el mundo y cómo se han mantenido a lo largo del tiempo; esto con el fin de integrarlos en la etapa de evaluación correctiva, que es la etapa final del desarrollo de exhibiciones, en un primer paso y después utilizarlos como parte de la planeación y diseño de una nueva exhibición, sala o museo de ciencia.

## **Objetivos particulares del proyecto**

- Analizar diferentes modelos de creatividad, como punto de partida de lo que se espera en un producto de divulgación de la ciencia en términos creativos.

- Comprender mejor la definición y significado de la palabra creatividad.
- Situar al museo más creativo desde el inicio del movimiento de los centros de ciencia, con la ayuda de un modelo de creatividad.
- Utilizar técnicas matemáticas heurísticas de otros campos, como las que se usan en biología, para convertirlas en la base de un modelo de evaluación de la creatividad.
- Analizar las exhibiciones, cédulas y temáticas de los principales museos y centros de ciencia del mundo para poder extraer los rasgos novedosos que han influido en los demás museos.

### **Hipótesis de trabajo**

De acuerdo con las propuestas de diferentes autores estudiosos de la creatividad, la primera hipótesis que planteo es afirmar que la creatividad es una habilidad susceptible de ser medida, de ahí que la propuesta de este trabajo conduzca a plantear la siguiente cuestión ¿se puede obtener un modelo o metodología de medición y evaluación de la creatividad o al menos de alguno de sus rasgos?

En este trabajo también se tratará de responder a una segunda hipótesis, que surge de las principales lecturas que se han hecho a lo largo de la historia de los museos y centros de ciencia, a saber, que hay un museo que desde que se creó llamó mucho la atención por su gran creatividad contenida y se convirtió en un museo modelo inspirador.

Hoy en día se le considera al *Exploratorium*, el museo de ciencia, arte y percepción humana como el pionero de los llamados centros interactivos y educativos de ciencia, a tal grado de ser considerado un museo modelo a seguir por otros, convirtiéndose en un museo icónico. ¿Qué hizo que este museo influenciara la creación de nuevas exhibiciones, salas y hasta museos completos? Uno de los rasgos más importantes que los museos han adquirido y han imitado es la creatividad que se logra dentro de este gran museo ubicado en San Francisco, California. Si bien es cierto que en abril de 2013 dejó su antigua sede del Palacio de las Bellas Artes para ubicarse ahora en el muelle 15 del Embarcadero, no se puede dejar de notar la gran influencia que éste ha tenido a lo largo de sus ya más de 45 años de existencia, convirtiéndose en el museo modelo inspirador de los más recientes museos y centros de ciencia. De esta forma la segunda hipótesis de trabajo es demostrar que el *Exploratorium*, efectivamente, es el museo modelo creativo inspirador de los nuevos museos y centros de ciencia que se analizaron en esta tesis.

### **Contenido de cada capítulo de la tesis**

En el primer capítulo, a través de un recorrido histórico, se encontrará un panorama general de los museos desde su origen hasta llegar a los centros interactivos y educativos de ciencia. Se destacarán los cambios que los museos han sufrido con la llegada de la diversificación de los temas a exhibir, ya que así como el conocimiento se ha especializado cada vez más y han surgido una variedad de subtemas alrededor de las temáticas más importantes en la ciencia, también comienza a ser

más compleja la forma de exhibirlas, ocasionando cambios importantes que conllevan a nuevas clasificaciones y modalidades de los museos.

En el segundo capítulo se encontrará una descripción de las diferentes posturas y modelos de creatividad, ya que supongo que este rasgo es lo que hace que un producto de comunicación de la ciencia, como los museos, sea exitoso, y para descubrir cuál museo ha sido el más creativo de nuestra época utilizaré el que más se adecue para analizarlo y situarlo.

En el tercer capítulo se encontrará el análisis del museo que resultó ser el más creativo de los últimos tiempos, el *Exploratorium*, con ayuda del modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi.

En el cuarto capítulo se aclarará qué es la evaluación para el caso de los museos y centros de ciencia y se describirán las técnicas heurísticas de análisis de datos, así como la metodología general que se siguió en este trabajo de investigación debido a la gran cantidad de datos recopilados de los diferentes museos alrededor del mundo.

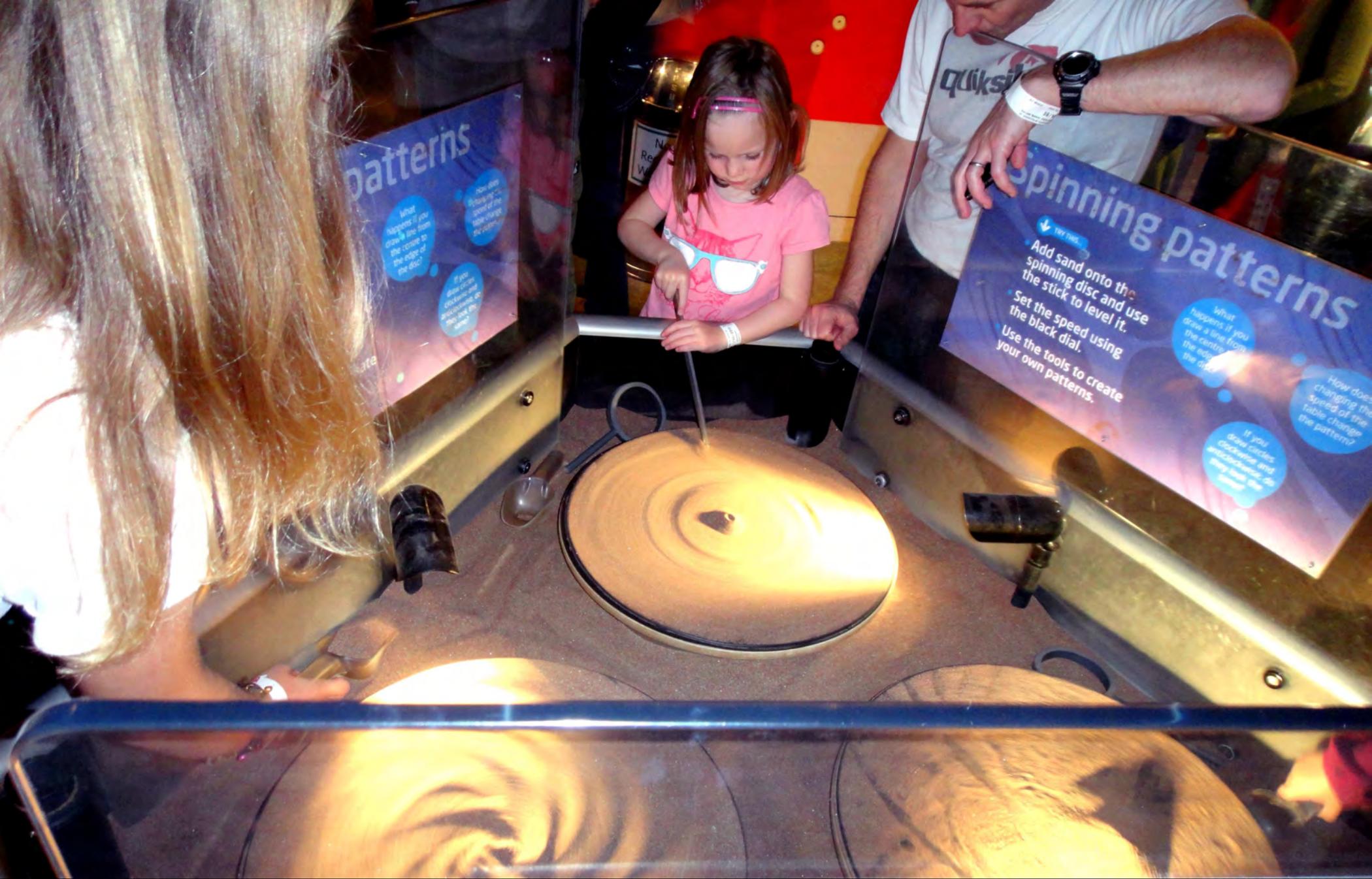
En el quinto capítulo se encontrarán los resultados de todos los datos analizados de los diferentes museos y centros de ciencia, que se obtuvieron con las técnicas heurísticas. Se encontrará, además, una caracterización y clasificación de los elementos principales de los museos como son exhibiciones, cédulas y temáticas.

En el sexto capítulo se realiza la interpretación de los resultados y se encuentran las conclusiones particulares a las que se llegaron.

Al final del trabajo me he permitido, a manera de conclusión final, hacer una recapitulación de lo que se hizo en esta investigación, así como de presentar una reflexión desde la visión de la filosofía de la ciencia acerca de algunas cuestiones importantes que salieron a la luz dentro de esta investigación, aunado a algunas recomendaciones para el creador de nuevas exhibiciones o museos de ciencia. Se encontrará una forma original de evaluar productos de divulgación de la ciencia con la creatividad como rasgo a tomar en cuenta.

Sea pues esta contribución a la investigación de la comunicación de la ciencia y en especial para el caso de los museos y centros de ciencia.





Capítulo 1  
Los Museos de Ciencia como Espacios Creativos

*“Patrones giratorios”, exhibición del At Bristol, Adriana Elisa Espinosa, 2011.*

## Capítulo 1

### Los museos de ciencia como espacios creativos

“La popularización de la ciencia y la tecnología persigue que amplios sectores de la población accedan al desafío y la satisfacción de entender el universo en que vivimos y, sobre todo, que puedan imaginar y construir colectivamente los mundos posibles”.

–Eduardo Martínez<sup>1</sup>.

#### Introducción

La divulgación de la ciencia es una labor que exige una gran creatividad e imaginación de parte de quienes la practican, ya que debe extraer la sustancia del ámbito científico especializado y lograr interesar, y muchas veces hasta entusiasmar, a un público lego en temas científicos. Uno de los medios para lograr esto son los museos y centros de ciencia (MCC), en palabras de la investigadora Dra. Julia Tagüeña:

“Los MCC son uno de los medios más importantes de popularización de la ciencia porque tienen un contacto directo con los receptores del mensaje a

diferencia de lo que ocurre con otros medios de comunicación, como un texto o un programa de radio. En los espacios del museo pueden juntarse un sinnúmero de actividades de educación no formal y divulgación de la ciencia. El museo es único, ya que a diferencia de la escuela, ofrece conocimientos actuales a un público voluntario. El museo ocupa el segundo lugar, después de las bibliotecas, como institución educativa a la que acuden estudiantes de todos los niveles en busca de información y aprendizaje ‘informal’<sup>2</sup>. En cuanto a la divulgación de la ciencia, el museo ofrece una gran oportunidad a los divulgadores para que expongan temas de frontera con claridad y creatividad, respetando el conocimiento previo del visitante. Un divulgador tiene que reformular en el museo el lenguaje del investigador, pero con un compromiso con la verdad científica de los conceptos” [Tagüeña, 2005:420].

---

<sup>1</sup> Eduardo Martínez es ingeniero industrial, con estudios de maestría en Planificación y Desarrollo en la *Universidad de Sussex*, Inglaterra, y estudios de doctorado en la misma universidad y en la *Universidad de París (III y X)*. Se desempeñó como profesor investigador titular y coordinador del Programa de Maestría en Investigación y Planificación de la Educación, en la *Universidad Iberoamericana*, y como profesor investigador de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, de la *Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)*. Es autor de diversos libros y artículos publicados en varios países. Desde 1984 trabaja como especialista regional en Planificación y Gestión de Ciencia y Tecnología de la UNESCO [Martínez, 1997:Portadilla].

---

<sup>2</sup> Agregué educación *informal* a la cita de la Dra. Julia Tagüeña.

Aunque no se conoce con certeza el dato del nacimiento del primer museo dedicado especialmente a la ciencia, lo cierto es que estos lugares han fascinado al público que los visita en tanto que a través de sus vitrinas, exhibiciones o equipamientos se han acercado a conceptos científicos. Estos espacios no solamente muestran una gran creatividad al exhibir los temas de ciencia sino que también ofrecen incentivos para que los visitantes fomenten su propia creatividad y pasen ratos de diversión, entendimiento y, tal vez, aprendizaje informal. Pero, ¿cómo fueron los primeros museos en general y cómo se convirtieron en museos de ciencia? ¿cómo se han clasificado los museos y cómo se han transformado? ¿se exhibe de la misma manera en un museo de arte que en un museo de ciencia? Para contestar estas preguntas y adentrarse en el análisis del origen de los MCC es preciso hacer un poco de historia, así que a continuación presentaré un breve recorrido histórico de los museos hasta llegar a los que exhiben temas de ciencia y tecnología, haré énfasis en las rupturas más importantes que han sufrido y cómo se han ido transformando debido a la forma de exhibir, a las temáticas que han ido surgiendo, a la función social que han ido desempeñando, así como también cómo se han transformado sus objetivos, misiones e intereses de los visitantes.

### **Museos de la antigüedad**

La palabra museo proviene del latín *museum* y del griego *mouseion*. Entre el 800 y el 500 a.C. los *mouseion* eran templos de veneración dedicados a las nueve musas griegas, quienes eran las hijas del dios Zeus y Mnemosine, la diosa de la memoria.

“Las musas son divinidades que presidían las artes y las ciencias y se creía que inspiraban a los artistas, especialmente a poetas, filósofos y músicos. Calíope era la musa de la Poesía épica, Clío la de la Historia, Euterpe de la Poesía lírica, Melpómene de la Tragedia, Terpsícore de la Música y la Danza, Erato de la Poesía amorosa, Polimnia de la Poesía sagrada, Urania de la Astronomía y Talía de la Comedia” [Chávez, 2008:68].

Más adelante, a principios del siglo III a.C., el rey egipcio Ptolomeo I Soter junto con Ptolomeo II Filadelfo fundaron uno de los museos más famosos de esa época, el *Museion de Alejandría*, con el paso del tiempo este templo, que en un principio tenía como función principal el resguardo de tesoros, se convirtió en un centro famoso de aprendizaje que atraía a científicos, matemáticos, astrónomos y poetas, entre otros, y es partir de este lugar que se obtiene la palabra moderna que hoy conocemos como museo. Este *mouseion* contenía objetos que incluían estatuas de pensadores, instrumentos astronómicos y de cirugía, trompas de elefante y pieles de animales; además contaba con un jardín botánico, un zoológico y una gran biblioteca. Ptolomeo era un gran preservador y justo eso era lo que deseaba con este *mouseion*, preservar todo el conocimiento posible a través de los objetos que contenía y los manuscritos y libros de la gran biblioteca [Alexander, 1996:6-7].

En esta época, el objetivo principal de los museos era entonces la preservación y el resguardo de los objetos valiosos que conformaban el conocimiento de la humanidad y su misión era fomentar en los visitantes una suerte de contemplación y observación de las cosas que se exhibían. Aunque algunos de ellos eran lugares de tipo públicos los más eran de carácter privado. La pregunta principal que un visitante podría hacerse al recorrer este tipo de museos según los investigadores canadienses Schiele, Perraton y Boucher era ¿qué hay? [Castellanos, 2006]. Funcionaban como símbolos de poder que el Estado utilizaba para presumir sus batallas y conquistas. La importancia fundamental de este periodo radica en que aquí es cuando se crean los museos y lo nuevo de este tipo de instituciones eran las colecciones mismas, que eran causa de admiración y sorpresa. Ver objetos nunca antes vistos era lo que emocionaba al visitante. Se valoraba mucho la curiosidad y se satisfacía con las rarezas que se podían encontrar en estos espacios.

Aunque los griegos y los romanos se referían a los museos de una forma diferente a la actual, porque ellos los utilizaban más como centros de investigación y experimentación donde el objetivo era más que nada obtener y enriquecer una cultura universal, se puede decir que los museos en la época antigua eran lugares donde se encontraban colecciones de objetos valiosos ya sea de carácter estético, histórico, religioso o mágico. Los templos griegos contenían grandes ofrendas de objetos de oro, plata y bronce, estatuas y estatuillas, pinturas

y hasta lingotes de oro y plata que podían usarse en el caso de una emergencia pública. Un lugar especial llamado pinacoteca (palabra que procede del griego *pinakothēke* donde *pinakos* que deriva de *pinax* era el término que se empleaba para nombrar a un cuadro y *theke* que puede traducirse como caja o colección de cosas) era el que albergaba las pinturas de esa época que por lo regular se hacían en tablones. En los museos romanos podían apreciarse tanto pinturas como esculturas de sus conquistas que bien podían albergarse en foros, jardines públicos, templos, teatros y baños [Alexander, 1996:7].

### **Museos en la Edad Media y el Renacimiento**

En la Edad Media comenzó un coleccionismo obsesivo principalmente de obras de arte religioso y que se albergaban en iglesias, catedrales y monasterios. Entre los objetos que contenían estos lugares se encontraban reliquias de la Virgen, de Cristo, de los apóstoles y de los santos adornados con oro, plata y joyas, manuscritos con suntuosas cubiertas de metal y telas orientales finas. Este coleccionismo de índole público y privado fue encabezado por la Iglesia católica cristiana y utilizaban sus objetos de forma didáctica como ejemplo de su lucha contra el mal y para ampliar sus horizontes cristianos. Esta acumulación obsesiva también se hizo presente en el oriente en lugares como en China o Japón, y probablemente el ejemplo del museo más antiguo se encuentra en el monasterio *Todai-ji* en Nara cerca de Kioto llamado *Soso-in* [Alexander, 1996:7].

En esta época, el objetivo principal de los museos era entonces un coleccionismo obsesivo de temas religiosos, pero los edificios que los contenían eran ahora, además, monasterios, catedrales e iglesias. Al igual que los museos del pasado, la contemplación y la observación de los objetos eran parte de su misión, estos lugares eran privados pero al estar dentro de los templos sagrados podían también ser públicos, la pregunta principal que un visitante se podría hacer al visitar este tipo de lugares según Schiele, Perraton y Boucher era también ¿qué hay? [Castellanos, 2006]. Los objetos se usaban principalmente de una forma didáctica para dar ejemplo en contra del “mal” y ampliar el cristianismo. La innovación en este tipo instituciones fue que cambió el objetivo, ya que se pasó de coleccionar objetos y satisfacer meras curiosidades a usarlos como objetos didácticos para mostrar y ampliar el poder religioso.

Realmente el coleccionismo privado llegó con el Renacimiento en los siglos XV y XVI d.C. Después del oscurantismo de la Edad Media llegó una nueva época, el humanismo, el hombre era el centro y medida de todas las cosas, tanto en el arte como en la búsqueda de la explicación a los fenómenos naturales, la preocupación ahora era recuperar el conocimiento de los clásicos y buscar razonamientos con un método lógico, que bien fue la base del método científico. En este periodo las cuestiones políticas giraban en torno de la cultura y las artes, unas cuantas familias tenían el poder, y el mecenazgo era la parte fundamental en lugares como Florencia, Italia. Una de las familias más importantes eran los Médicis y para preservar su

nombre, a través del arte contrataban pintores, escultores, científicos, arquitectos, ingenieros, matemáticos, entre otros, para que trabajaran para ellos y sus obras quedaran bajo el resguardo de la familia para sus colecciones privadas. Comenzaron a proliferar los talleres y *bottegas* en los cuales los artistas que trabajaban ahí, no se preocupaban más que por terminar sus obras; en estos lugares vivían, comían, trabajaban y estudiaban para los maestros más prestigiosos. Algunos otros lo hacían directamente en los palacios y castillos de las familias poderosas como los mismos Médicis, los Papis o los Sforzas.

Dos nuevas palabras aparecieron en el siglo XVI para expresar el concepto de museo: las galerías y los gabinetes de curiosidades. Las galerías eran recintos donde podían depositarse las obras, así que ahora principalmente las pinturas y las esculturas se guardaban en estos lugares. Los gabinetes, también llamados gabinetes de curiosidades, eran piezas con formas cúbicas o rectangulares que contenían animales disecados, rarezas botánicas, pequeños trabajos de arte como medallones o estatuillas, artefactos y curiosidades. Cabe destacar que ambos tipos de colecciones raramente eran abiertos al público y eran considerados como juguetes para los príncipes, papas y plutócratas, quienes competían por tener las mejores y más completas, para ganar más prestigio tanto intelectual como moral [Alexander, 1996:8]. Estas colecciones eran visitadas ocasionalmente por intelectuales, eruditos, científicos o amigos de los propietarios.

En esta época, el objetivo principal de los museos era entonces un coleccionismo privado. Por lo tanto, se crearon lugares especiales para albergar los objetos que ahora funcionaban para generar prestigio tanto moral como intelectual entre las familias que los poseían, esos lugares, como las galerías o los gabinetes de curiosidades, estaban en las propiedades de las familias más poderosas. También la contemplación y la observación de las obras eran parte de su misión pero ahora todos competían por tener la colección más completa de objetos, tanto naturales como de arte. La pregunta principal que un visitante se podría hacer al entrar a este tipo de lugares, si es que se podía tener acceso, según Schiele, Perraton y Boucher era también ¿qué hay? [Castellanos, 2006].

La innovación en este tiempo fue que ahora no solamente había colecciones de objetos religiosos o de la naturaleza, sino que debido a que las familias más poderosas promovían el arte y la cultura, siendo mecenas de los artistas más prestigiosos, se creaban nuevas obras de arte. Aparte de que se exhibían muchas rarezas de la naturaleza en los gabinetes de curiosidades, algunos también contaban con instrumental científico que se consideraban innovaciones hechas por el ser humano. Se creó una división entre los objetos de la naturaleza o los científicos y los de arte, había un lugar específico para cada uno de ellos, además de que la ordenación y clasificación empezó a ser una preocupación cada vez mayor. Comenzaron además a realizarse algunas demostraciones científicas y, por otro lado, se inició una comercialización de los objetos de arte.

## **Aparición de los jardines botánicos, zoológicos y acuarios**

Aparte de las galerías y los gabinetes de curiosidades se desarrollaron otro tipo de lugares, que ahora albergaban plantas y animales vivos, denominados jardines botánicos, zoológicos y acuarios. En los monasterios medievales se cultivaban y apreciaban plantas y flores en sus jardines para uso alimenticio o medicinal, pero los verdaderos jardines botánicos comenzaron a aparecer en las universidades como Pisa (1543), Padua (1545), Bologna (1567), Leiden (1587), Heidelberg y Montpellier (1593), y Oxford (1620). Los botánicos escolares los usaban para estudios científicos de plantas y los médicos para probar remedios. Los herbolarios, cirujanos barberos<sup>3</sup>, boticarios (hoy llamados farmacéuticos) y médicos además establecieron jardines como fuentes de materiales medicinales, por ejemplo en Holburn y Chelsea en Londres, Inglaterra [Alexander, 1996:8].

Otro tipo de institución que albergaba especímenes vivos pero de animales son los llamados zoológicos y acuarios:

“La primera institución que se asumió como zoológico fue la *Casa Imperial de Fieras* establecida en Viena en 1752 e inaugurada al público en 1765. El *Regent’s Park* de Londres, que fue creado en 1828 por la *Sociedad Zoológica de*

---

<sup>3</sup> El cirujano barbero fue uno de los practicantes médicos más comunes de la Europa medieval. En esta época, la cirugía no era generalmente hecha por médicos sino por barberos.

*Londres* y cuando fue abierto al público, contó inicialmente con 1,351 especies y 6,611 especímenes. Y, al igual que los jardines botánicos, estas colecciones de animales sólo tenían el objetivo de mostrarse ante un público selecto. Con el paso del tiempo, el cuidado de los animales tuvo que ser más exhaustivo por las enfermedades que aquejaban a las especies. Esto generó una demanda de conocimiento para entender la anatomía de las especies y mantenerlas vivas y sanas. El zoológico se convirtió también en un centro de investigación” [Chávez, 2008:76].

Los victorianos de la mitad del siglo XIX estaban tan fascinados con el mundo natural que en esa época se hicieron grandes exploraciones globales, los zoológicos fueron ampliamente populares, pero una vez que la gente entendió cómo cuidar animales acuáticos, comenzaron a crearse exhibiciones de la vida marina a gran escala que nunca habían sido vistas y, a pesar de que la historia de los acuarios se remonta a los chinos hace miles de años, es en Inglaterra donde se establece el primer acuario público [Furnweger, 2012:32].

El término “acuario” apareció por primera vez en los escritos de Philip Gosse, naturalista inglés del siglo XIX. Gosse ayudó a establecer el primer acuario público junto con la *Sociedad Zoológica de Londres* y, en 1853, se inaugura en el zoológico del *Regent’s Park* el entonces llamado *Fish House*. Al

principio, el auge de la construcción de acuarios se limitaba a las ciudades costeras con acceso al agua marina. Gosse resolvió el problema añadiendo una combinación de sales marinas para limpiar el agua fresca, un procedimiento que aún es utilizado por los acuarios de hoy en día que no tienen acceso al mar. El *Acuario Brighton* de Inglaterra, el más grande de su tipo en el mundo cuando abrió sus puertas en 1872, tenía exhibiciones de delfines, tiburones, tortugas marinas y una gran colección de peces [Furnweger, 2012:32].

Algunos ejemplos de acuarios americanos los tenemos con el *The Aquarial Gardens* de Boston (1859), *New York Aquarium* de la Ciudad de Nueva York (1896), *Waikiki Aquarium* de Hawai (1904), *Belle Isle Aquarium* de Detroit (1904), *Point Defiance Zoo and Aquarium* de Tacoma en el Estado de Washington (1905), *Memphis Zoological Garden and Aquarium* de Memphis (1906), *South Boston Aquarium* de Boston (1912), *Steinhart Aquarium* de San Francisco en el estado de California (1923), *Lincoln Park Aquarium* (1923) y *Shedd Aquarium* (1930) ambos de Chicago y el *Dallas Aquarium* de Dallas en el estado de Texas (1936), entre otros; para principios de los años 1900 comenzaron a abrirse acuarios en todo el mundo, desde París hasta Tokio [Furnweger, 2012:32-33].

Con la aparición de los jardines botánicos, zoológicos y acuarios comenzó un énfasis en lo intelectual. Ahora el instruir y el transmitir conocimiento era parte de su misión. Estos lugares comenzaron a utilizarse para la investigación científica, y aunque seguían siendo privados, a los

cuales solamente los familiares o amigos de los dueños o los académicos los visitaban, ya que la élite era la que tenía acceso a ellos, también comenzaron a idearse lugares que el público en general podía visitar. La pregunta principal que un visitante podría hacerse al entrar a este tipo de lugares según Schiele, Perraton y Boucher era ahora ¿qué es esto? [Castellanos, 2006].

La innovación en este periodo fue una contundente división entre el arte y la naturaleza, aparte de tener lugares en concreto para esta dicotomía también comenzaron a crearse lugares con temáticas más específicas. Se pasó de lo meramente estético a una funcionalidad, sobre todo en los aspectos científicos. Ahora se hacía énfasis en investigar y dar a conocer los avances y descubrimientos científicos.

### **El desarrollo de los museos universitarios**

A finales del siglo XVII y con el inicio de las expediciones científicas, comienza un aporte a importantes colecciones botánicas y etnográficas. Se comienzan a formar clubes, sociedades científicas y todo tipo de asociaciones. El museo se percibe como una ventana en donde el público se encuentra con el pasado (museos de antropología, arqueología, colecciones de arte antiguo) pero en el que también es posible exhibir objetos y obras de arte del presente e incluso del futuro. El museo se convierte en un foro de discusión para grupos sociales con preferencia por una u otra visión de la ciencia.

En esta época comenzaron a abrirse museos universitarios por el mundo. En 1671 en Basilea, Suiza se abre el primero de ellos, su colección se inició en 1662, cuando el Consejo de la ciudad, en colaboración con la *Universidad de Basilea*, adquirió la colección particular del jurista Basilius Amerbach (1534-1591), compuesta por numerosas obras [MacGregor, 2001:20].

Otro ejemplo de la creación de un museo universitario se data cuando en 1677 Elias Ashmole hace una donación a la *Universidad de Oxford* para inaugurar el primer museo público de Inglaterra, y así el 21 de mayo de 1683 se inaugura el *Ashmolean Museum*. La colección original incluye las obras que Elias Ashmole había reunido, así como las que había adquirido de viajeros y coleccionistas tales como John Tradescant (jardinero real) y su hijo del mismo nombre. Elias Ashmole y su colega, el Dr. Wharton, compilaron el primer catálogo del museo en 1656 y, en 1659, John Tradescant II legalmente le otorgó toda la colección como regalo a Ashmole con la promesa de llevarla a Oxford o a Cambridge. El catálogo se realizó de acuerdo a un esquema de clasificación; aunque aún rudimentario, fue precursor de esos procesos de ordenación intelectual y científico que encabezaron los catálogos de los museos modernos. La colección original del *Ashmolean Museum* incluía rarezas que príncipes y letrados habían acumulado durante los siglos XVI y principios del XVII: curiosidades exóticas de la naturaleza, reliquias, monedas antiguas, libros, grabados, especímenes geológicos, conchas, piedras preciosas, armas, medallas, linternas chinas, peces y más. Fundada como un modelo de

institución científica, el *Ashmolean Museum* fue la encarnación de un ideal que se había perseguido desde los días de Francis Bacon, una combinación de almacén de materiales raros y curiosos, un instituto de investigación y una academia educativa [MacGregor, 2001:14-23].

Con estos nuevos museos universitarios empezó la era de lo público, de la investigación científica y de la tecnología. También el instruir y el transmitir conocimiento eran parte de su misión. Comienza una nueva y tajante división entre los museos de arte y los de ciencia, que a su vez se comienzan a dividir en temáticas como los de tecnología, antropología, historia de la ciencia, arqueología, etnografía, entre otros. La pregunta principal que un visitante podría hacerse al entrar a este tipo de lugares según Schiele, Perraton y Boucher era también ¿qué es esto? [Castellanos, 2006]. Los museos comienzan a tener edificios propios, que a su vez empiezan a convertirse en emblemáticos, ya no solamente por lo que contenían sino por la arquitectura misma y el lugar donde se encontraban.

### **Museos de historia natural y museos de la tecnología como centros de investigación**

Como se puntualizó anteriormente, los antiguos coleccionistas de la Edad Media y del Renacimiento, con sus jardines botánicos y colecciones privadas reunieron curiosidades naturales para usarlas, entre otras cosas, como medicamentos o para hacer

investigaciones con los especímenes encontrados, y también pensaban que tenían poderes mágicos y las utilizaban para promocionar la salud, la longevidad, la fertilidad y la virilidad sexual. Muchas de las colecciones naturales de esos museos antiguos ahora podrían parecer extrañas para un naturalista moderno, ya que contenían objetos tan raros como el cuerno de un unicornio (a pesar de que una bestia como el unicornio no existe, se conservaban cuernos de estas supuestas criaturas, porque se pensaba que eran capaces de frustrar a envenenadores o asesinos, y además, valían una fortuna), cuernos de rinocerontes u otros animales así como un unicornio de mar (un tipo de ballena), huesos gigantes (se encontraban grandes huesos en muchas de las colecciones, que ahora se piensa que pueden haber pertenecido a mamuts, elefantes o vestigios fósiles), momias egipcias (las momias egipcias tenían un valor muy alto, el polvo de momia –a veces sacado del cuerpo de un criminal tratado con residuo de destilación del petróleo– era vendido a boticarios para detener el flujo de sangre o curar heridas o fracturas), cráneos y piel humanos (las mejores piezas supuestamente llegaban de cuerpos desenterrados, fueron usados para curas medicinales, así como cornamentas de ciervos y alces), figurillas de piedras que incluyen fósiles, cabezas de hachas de hombres primitivos, lenguas de serpientes (aunque en realidad se trataba de dientes de tiburones), percebes (se encontraban los que tenían la forma de pequeños gansos y que se creía que nacían en la madera podrida; esos percebes se convirtieron en otra fuente medicinal usada por los boticarios), caracoles y conchas de mar [Alexander, 1996:41].

En los siglos XVI y XVII un impresionante número de colecciones de curiosidades se encontró en cada país de Europa occidental y mostraron signos de convertirse en centros de investigación, ya que éstas proveían importantes documentos para los científicos (rocas y minerales, fósiles y conchas, especímenes anatómicos y botánicos, animales y peces disecados de todo el mundo). Este tipo de colecciones ahora se albergaban en los ahora llamados *Museos de Historia Natural* y se convirtieron en un recurso líder de investigación para geólogos, paleontólogos, botánicos, zoólogos, antropólogos y otros científicos; y tuvieron gran popularidad entre el público en general que buscaba entender el lugar de la humanidad en el universo y las “maravillas del mundo de la naturaleza” [Alexander, 1996:41].

Conrad Gesner, un médico de Zurich, a veces llamado “el padre de la zoología”, más o menos por ahí de 1550 tuvo uno de los primeros museos dedicados principalmente a la historia natural. Su colección se combinó con la que pertenecía a Felix Platter y que cuyos restos se encuentran ahora en el *Museo de Historia Natural* de Basilea, Suiza. Otro ejemplo es el *Museo de Historia Natural* de Oxford, que tuvo su origen con el *Ashmolean Museum*, ya que una vez que éste se inaugura en 1683 y al contar con demasiadas colecciones se toma la decisión de alojarlas en diferentes edificios pertenecientes a la *Universidad de Oxford*, así que el edificio original donde comenzó el *Ashmolean Museum* se convierte en el *Museo de Historia de la Ciencia*; la colección geológica y física se alojaría ahora en el edificio *Clarendon*; la colección

etnográfica se llevó al *Pitt Rivers Museum*; los libros y los manuscritos se llevaron a la *Biblioteca Bodleian*; la colección general de arte, antigüedades y numismática, con algunas cosas relacionadas con su antecesor, incluyendo retratos de la familia Tradescant y de Ashmole, se llevan al edificio del *Ashmolean Museum of Art and Archaeology*; y todo el material de historia natural se llevó al nuevo edificio construido en los parques de la *Universidad de Oxford*, y que hoy se llama *Oxford University Museum of Natural History*. Este museo de historia natural cuenta con colecciones de piedras preciosas, aves, insectos (muertos y vivos, como un panal de abejas o nidos de cucarachas), trilobites, desfile de esqueletos, esqueletos de dinosaurios como el T. Rex o el Iguanodonte, esqueletos de ballenas, el famoso ejemplar del Dodo (famoso espécimen porque por primera vez el hombre hace presencia de su extinción provocada precisamente por los humanos), entre otras muchas [MacGregor, 2001:44-53].

Otro ejemplo es el *Museo de Historia Natural* de Londres, que comienza con el surgimiento del primer museo nacional del mundo el *British Museum* en 1753, Sir Hans Sloane, eminente médico, naturalista y científico a su muerte contaba con un herbario de 334 volúmenes de hojas secas, 12,500 especímenes vegetales, objetos zoológicos, piedras, minerales, conchas y fósiles, 50,000 volúmenes conteniendo 7,000 manuscritos, 23,000 medallas y monedas, antigüedades clásicas, medievales y orientales, más de 80,000 objetos junto al herbario. En 1881 la colección de historia natural se traslada a su nuevo edificio en South

Kensington y en 1963 se independiza y toma su nombre actual *Museum of Natural History* [Janson-Smith, 2011:2-9].

Así que se desarrollaron museos de historia natural e importantes centros de investigación científica por el mundo, que contenían tanto colecciones de objetos naturales como objetos hechos por el hombre, a lo que se les atribuyó el nombre de artificiales. La clasificación y ordenación se convirtió en una nueva prioridad. Así que los coleccionistas comenzaron a clasificar y arreglar sus tesoros. Como ejemplo, se tiene un documento impreso en Leipzig en 1727 de Caspar F. Neickel, quien escribió el primer tratado de museografía y museología, en el que describe cómo había que colocar los objetos en los museos:

“Se recomendaba colocar 6 repisas alrededor de la sala. Los objetos naturales podrían ir a un lado de los de anatomía humana, incluyendo esqueletos y momias, sobre lo más alto de la repisa. Los cuadrúpedos, pescados y minerales más abajo. Otra pared sería para mantener objetos hechos por el hombre con productos antiguos y modernos por separado. Hacia el final del cuarto que es opuesto a la entrada y que estaba iluminado por tres ventanas, sería para los gabinetes numismáticos. Los retratos de hombres famosos ocuparían el espacio de la parte superior de las repisas” [Alexander, 1996:42].

Muchos museos comenzaron a tomar en cuenta este tipo de ordenamientos; ya no se trataba nada más de objetos naturales colocados sin un orden específico sino también de objetos artificiales como herramientas y utensilios, candados y llaves, dispositivos luminosos, relojes, armas, armaduras y armamentos, instrumentos musicales, globos, astrolabios y dispositivos de navegación, máquinas, automatonas, motores y modelos mecánicos, telescopios, microscopios y otros aparatos ópticos, equipo magnético y eléctrico, aparatos científicos o filosóficos e instrumentos que servían a las matemáticas, medicina, astronomía, química y física; que necesitaban clasificarse y ordenarse por fechas, por relevancia histórica, por funcionalidad o temáticas específicas.

Después de la revolución industrial, en el siglo XVIII, el zoólogo Georges Cuvier recomendó a Napoleón la construcción de museos de ciencia para favorecer las vocaciones científicas en los jóvenes de Francia. Cuvier se desempeñó como el director del *Jardin des Plantes* de París el cual se creó en 1635 con el nombre de *Jardin du Roi*, pero es hasta la revolución que toma su nombre actual, a partir de 1794 se instala en las inmediaciones de lo que hoy es el *Muséum National d'Histoire Naturelle* de París (del que también fue director en diferentes épocas) y desde entonces este jardín botánico está abierto al público hasta el día de hoy.

Los museos eran ahora frecuentados por investigadores y científicos, pero después de la revolución, Francia comienza a tomar serias consideraciones acerca de la circulación de la

cultura científica y, en consecuencia, se estableció un servicio cultural para promover que los estudiantes visitaran los museos, ya que empezaban a convertirse en una herramienta pedagógica de los maestros [Zana, 2005:2]. Como ejemplo, en 1794 se funda en París el *Conservatoire National des Arts et Métiers*, iniciativa del padre Grégoire en el que el objetivo era mostrar “el empleo de las herramientas y las máquinas útiles para las artes y los oficios”, donde se exhibía toda clase de objetos técnicos, tecnológicos, máquinas, inventos, modelos a escala, herramientas, libros y hasta el primer estudio de televisión; y en el que los ingenieros podían entrenarse y los estudiantes gozar de un lugar fuera del salón de clases que apoyaba y reforzaba su aprendizaje [Zana, 2005:2]. Su colección se dividió en: física, industria eléctrica, geometría, patrones y medidas, mecánica y máquinas, transportación, industria química, materiales y metalurgia, artes gráficas, textiles y arte, arte y construcción, agricultura, y después casi por accidente la industria de la higiene. Cerca de 1819 el *Conservatoire* comenzó a tener profesores y sus cursos se enfocaban en desarrollar aplicaciones científicas y artesanales [Chávez, 2008:79].

Todos los museos tecnológicos que abrieron sus puertas al público por primera vez a principios de los años 1800, albergaron tesoros invaluable que permitieron a los visitantes seguir la evolución técnica y tecnológica de la sociedad. Sin embargo, en estos establecimientos había algunos mediadores, y los objetos que más frecuentemente se encontraban en exhibición eran acompañados

simplemente por notas explicativas. A pesar de que posteriormente se implementó un apoyo pedagógico para convertir esos lugares en herramientas útiles para los estudiantes, su propósito original era totalmente diferente [Zana, 2005:3].

Así tenemos que con el advenimiento de la Revolución Industrial en el siglo XVIII y las ferias mundiales en el siglo XIX, comenzó un interés por resaltar los productos de la invención del hombre y un nuevo tipo de museo se gestó, el museo de ciencia y tecnología. Los museos de la tecnología exhibían más que nada máquinas, instrumentos y modelos. A la par surgieron las famosas ferias industriales y científicas que estimulaban la creación de este tipo de museos, para mostrar los avances científicos y tecnológicos de un país. Aunque ya algunos museos del pasado contenían colecciones naturales y artificiales, es ahora cuando se separan de los de arte e historia natural, porque ya no bastaba con exhibir o mostrar colecciones de objetos sino que ahora estos museos necesitaban dar más explicaciones acerca de la creación del nuevo conocimiento de la ciencia y la tecnología. Ahora se exhibían las grandes máquinas como producto del conocimiento del hombre. También junto con las sociedades científicas y la generación de nuevo conocimiento de sus miembros, ahora los museos eran un excelente medio para mostrar los avances científicos.

De los museos de la tecnología y de historia natural que se desarrollaron en el siglo XIX en muchos países europeos, se tienen dos ejemplos importantes que son el *Science Museum* y el *Natural*

*History Museum* ambos de Londres, Inglaterra. Ejemplos americanos de origen estadounidense los tenemos con el *Franklin Institute* de Filadelfia que se fundó en 1824, el *Smithsonian Institute* que se crea en 1846 en la ciudad de Washington y el *American Museum of Natural History* de Nueva York creado en 1869. Otro ejemplo de este último tipo de museos es el *Naturhistorisches Museum Wien* que se encuentra en Viena, Austria inaugurado en 1889. México no se queda atrás y en 1970 se inaugura el primer gabinete de historia natural creándose así en 1822 el *Museo Nacional Mexicano*, pero es hasta 1913 que se crea el *Museo de Historia Natural* en el antiguo edificio universitario del Chopo perteneciente a la *Universidad Nacional Autónoma de México*, pero en 1964 cambia de sede y desde ese entonces y hasta la actualidad se encuentra alojado en el bosque de Chapultepec. Este tipo de museos empezaron a cobrar importancia como lo afirma Fernando Bragança Gil en [Martinez, 1997:115]:

“Después de la monumental obra de Charles Darwin se produjo una decisiva evolución en el concepto y objetivo de los museos de historia natural que, de galerías para admiración de curiosidades, se transformaron en instituciones, que a la par de la divulgación del conocimiento de la naturaleza pasaron a desempeñar un papel de instituciones de investigación, con el objetivo de promover su exploración metódica y estudio sistemático”.

Con estos museos, tanto de la tecnología como los de historia natural, se promueve la educación y la divulgación en el dominio de la tecnología y las ciencias naturales. También el instruir y el transmitir conocimiento eran parte de su misión. La pregunta principal que un visitante podría hacerse en este tipo de lugares según Schiele, Perraton y Boucher era también ¿qué es esto? Comienzan a aparecer elementos didácticos, como esquemas y modelos explicativos (a veces animados), para transmitir el conocimiento tecnológico y de las ciencias naturales [Castellanos, 2006]. En las exposiciones de estos museos lo que se busca es recrear los ambientes naturales resaltando también los aspectos tecnológicos.

### **Primeros museos de ciencia e industria**

En este breve recorrido histórico se ha resumido cómo se fueron creando diferentes espacios que albergaban desde obras de arte, joyas, reliquias, objetos valiosos, artefactos de todo tipo, hasta plantas y animales vivos y disecados. Los museos comenzaron entonces a especializarse y a dividirse por temas. Si bien los museos que hoy se consideran de arte o historia son parte importante de la cultura, también lo son los museos de ciencia que fueron los que comenzaron a crearse a partir del siglo XIX. Hay quienes afirman que éstos últimos no son aceptados como instituciones culturales [Koster, 1999:54] pero tanto la ciencia como la tecnología también conforman un legado que perfectamente se integra a la cultura. El conocimiento científico y tecnológico es tan creativo como lo es el arte según lo afirma Bernard Schiele *et al* en la siguiente cita:

“Sin duda es válido afirmar, desde el punto de vista de la creatividad, que los logros en materia de ciencia y tecnología están a la altura de los de otros campos de la actividad humana, como la literatura, la música y las artes” [Schiele, 1994:1-11].

Así pues, a finales del siglo XIX y primera mitad del siglo XX surgen los primeros museos de ciencia e industria. Parecidos a los museos de la tecnología, pero con el objetivo de despertar vocaciones científicas en los jóvenes. En estos lugares se exhibían artefactos históricos, modelos de trabajo y aparecieron las primeras exhibiciones participativas. Lo que se pretendía con estos museos era estimular y abrir la mente del público a la ciencia y a la tecnología, sobre todo la de los jóvenes, de modo complementario a su educación formal.

Ejemplos representativos son el *Deutsches Museum* de Munich, Alemania que se fundó en 1903 y 1911 cuando Oskar von Millar, un destacado ingeniero responsable del *Sistema de Corriente Eléctrica* de Bavaria, tenía a su cargo el cuidado y desarrollo de la *Walchensee Hydraulic Power Station*, fundó el renombrado museo donde se puso énfasis en el desarrollo de la ciencia para el progreso del país. Una de sus innovaciones fue que introdujo en su discurso, el saber cómo se hace ciencia –métodos, razonamientos, hipótesis,

experimentación– y la imagen que proyectaba de ésta era una superposición de éxitos e invenciones a través del tiempo. Ejemplos americanos los tenemos con *The Smithsonian Institution’s Technology Museum*, museo que puso mucho énfasis en explicar las aplicaciones técnicas en la agricultura fundado en 1924, el *Museum of Science and Industry* de Chicago que abrió sus puertas en 1926, el *Museum of History and Technology* de Filadelfia creado en 1928.

Muchos de estos museos utilizaron la historia como elemento unificador entre la ciencia, la tecnología y la sociedad. Impulsaron una nueva imagen de la ciencia entendiéndola como una más de las actividades inherentes al ser humano. Los museos del siglo XX continuaron siendo instituciones que albergaban o coleccionaban objetos para exponerlos al público que poco a poco frecuentaba dichos lugares motivados, quizá, por la curiosidad hacia aquello que podía ser antiguo, novedoso o exótico, tal vez como en el caso de los museos de historia natural. Tomó más de un siglo para que los museos de ciencia comenzaran a transformarse realmente. Así que para la segunda mitad del siglo XX comenzaron a crearse los centros de ciencia, donde las demostraciones experimentales de principios científicos eran las principales exhibiciones. Así nacieron centros de ciencia como el *Evoluon* de Eindhoven, Holanda en 1966, el *Japan Science Foundation* de Tokio, Nagoya y Osaka, en Japón en 1964 o como el *Palais de la Découverte* de Paris, Francia en 1937 [Zana, 2005:3].

El *Palais de la Découverte* tuvo como antecesor directo un proyecto llamado: *Exposition Internationale des Arts et des Techniques dans la Vie Moderne* de 1937 de la *Universidad de París*, que tenía como encomienda “descubrir conocimiento”. Es decir, no sólo se mostraban objetos sin ningún orden aparente. Ahora al visitante se le extendía la posibilidad de que él mismo fuera creando un conocimiento propio a partir de su experiencia. En ese año Jean Perrin, el ganador del premio Nobel de física de 1926, presentó en París una nueva forma de circulación del conocimiento científico que se materializó en su *Palais de la Découverte*. Su idea fue “llevar la ciencia de los laboratorios, manteniendo el mismo grado de fiabilidad”. Así que los experimentos destinados a poner de relieve la “ciencia en progreso” comenzaron a llevarse a cabo frente al público reunido en el palacio. Los experimentos usualmente eran espectaculares y algunos de ellos se siguen presentando en la actualidad por demostradores o por profesores, quienes también tomaban el papel de mediador y le daban un sentido pedagógico a todas las exhibiciones del museo con el único propósito de transmitir el conocimiento científico [Zana, 2005:3].

A comienzos del siglo XX, con el *Palais de la Découverte* se enfatizó en que el visitante asimilara el concepto, la idea o el conocimiento que impulsó la creación de una máquina o la explicación de algún fenómeno natural. La importancia en este tipo de museos radicaba en que educar y hacer comprender eran parte de su misión. La pregunta principal que un visitante podría hacerse en este tipo de lugares según Schiele, Perraton y Boucher

era ¿qué quiere decir? ¿quién soy yo? La pedagogía era de suma importancia para transmitir el conocimiento científico [Castellanos, 2006]. Los alumnos tenían que visitar estos museos como complemento a su educación y los profesores incentivaban estas nuevas formas de comprender conceptos complejos de la ciencia en estos lugares, que parecían tener grandes teatros pero con demostraciones científicas fascinantes.

### **Centros educativos de ciencia y tecnología**

Estos centros educativos, que también se conocen simplemente como centros de ciencia surgieron a finales de los años 60 y principios de los 70. Actualmente se han diversificado y desarrollado en todo el mundo con un mismo modelo de creación, que surgió en esa época y que se ha mantenido hasta nuestros días. En estos centros lo importante es adquirir experiencias significativas a través de dispositivos interactivos. Las exhibiciones ahora comienzan a ser educativas y ya no se utilizan las colecciones de objetos antiguos dentro de estos lugares, se puso un énfasis en la educación informal y ahora el objetivo es educar, aprender, experimentar y participar a través de exhibiciones interactivas. El impulso mundial de los años sesenta y setenta por mejorar e incrementar la enseñanza de la ciencia también tuvo su impacto en los museos. Éstos se vieron como una excelente herramienta didáctica para personas de todas las edades, pero especialmente para los jóvenes. La característica más evidente de estos museos fue la disminución considerable o, en algunos casos, la ausencia total de “objetos intocables”.

La interactividad se convirtió en palabra clave y lo que se buscaba era la participación activa de los visitantes. La pregunta principal que un visitante podría hacerse al entrar a este tipo de lugares según Schiele, Perraton y Boucher es ¿cómo funciona? [Castellanos, 2006]. Los ejemplos más representativos de estos centros que se crearon a finales de los años sesenta son el *Royal Ontario Museum* (1969) de Toronto, Canadá y los americanos que se encuentran en el estado de California el *Lawrence Hall of Science* (1968) de Berkeley, y el *Exploratorium* (1969) de San Francisco<sup>4</sup>. A partir de esas experiencias, empezaron a surgir en todo el mundo museos con estas características; curiosamente, los museos de colecciones también se fueron adaptando a este nuevo modelo. Estos centros tienden a basarse en tecnologías modernas y en enfoques lúdicos. A diferencia de los museos tradicionales, donde el rol del visitante es meramente contemplativo o reflexivo, los centros de ciencia privilegian la participación de los usuarios, a través de experiencias interactivas y lúdicas con las exhibiciones, y de actividades conjuntas con otros visitantes. En ellos, la consigna es: “Se prohíbe no tocar”.

---

<sup>4</sup> Estoy consciente de que el *Lawrence Hall of Science* de Berkeley (con una fuerte línea de investigación en educación con un énfasis en matemáticas y un poco menos en física) y el *Royal Ontario Museum* de Toronto (más orientado a temas de cultura —canadiense y mundial— y a temas de historia natural) también marcan el inicio de la tendencia de los centros educativos de ciencia y tecnología y, aunque son modelos diferentes del *Exploratorium*, sí se encuentra presente la interactividad, pero dado los límites de esta investigación no se podrá profundizar en la importancia del origen de estos dos museos pioneros [comunicación personal con el Msc. en Física Francisco Julián Betancourt Mellizo, director del *Museo de la Ciencia y el Juego*, Universidad Nacional de Colombia].

En México, el ejemplo típico de este tipo de centros de ciencia lo tenemos con el museo de las ciencias *Universum*, cuya apertura se celebró el 12 de diciembre de 1992. Este gran proyecto, que tuvo como producto final la construcción de uno de los primeros museos de ciencia de América Latina, comenzó un par de décadas atrás con la inquietud de algunos investigadores y divulgadores de la ciencia por dar a conocer los avances científicos y tecnológicos, tanto a la comunidad académica como al público en general, a través de diferentes medios de comunicación, sobre todo escritos, pero que con el paso del tiempo éstos se pudieran llevar a espacios de presentación del conocimiento o exposiciones públicas. Entre las personalidades principales que llevaron a cabo tan importante tarea de elaborar un proyecto de tal magnitud, se encuentran en primer lugar el Dr. Luis Estrada (1932-2016), prominente científico y pionero de la divulgación de la ciencia en México, fundador del *Centro Universitario de Comunicación de la Ciencia* de la *Universidad Nacional Autónoma de México*; el Dr. José Sarukhán, biólogo e investigador quien en ese entonces fue el rector de la *Universidad Nacional Autónoma de México*; y el Dr. Jorge Flores, renombrado físico. Los tres desde sus propias líneas de investigación y divulgación del conocimiento, junto con un grupo de trabajo mayor y con apoyos de diferentes organismos gubernamentales, realizarían una importante labor en materia de comunicación y divulgación de la ciencia, a través de la creación de revistas, conferencias, congresos y el establecimiento de un centro universitario de comunicación de la ciencia, dirigido por el Dr. Luis Estrada, que fue el

antecedente directo del museo que se gestaría unos años después con la intención de que varios medios de comunicación confluyeran, para acercar la ciencia un público dirigido más que nada a estudiantes de nivel bachillerato, pero que no se limitaba a ellos sino a todo aquél que estuviera fuera de los ámbitos académicos y las aulas universitarias [Chávez, 2008:98-169].

La idea de realizar un museo no fue tarea fácil y muchos de los planes que se proyectaban se transformaron varias veces, ya sea por cuestiones políticas o por falta de presupuestos, así la propuesta que, por ejemplo, tenía el Dr. José Sarukhán de hacer un museo de historia natural o la que tenía el Dr. Jorge Flores acerca de construir pequeños museos itinerantes se vieron afectadas. Pero sucedió que en 1988 al Dr. Sarukhán lo nombran rector de la máxima casa de estudios, la UNAM, y al día siguiente cita al Dr. Jorge Flores para materializar el tan anhelado museo de ciencias, que aún no contaba con un espacio físico donde pudiera llevarse a término; después de varios intentos de conseguir presupuesto para construir un museo que en la mente de los arquitectos era inmenso, sucede que el *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología* (CONACYT) desaloja un edificio de 20,000 m<sup>2</sup> dentro del campus universitario. Inmediatamente después y con el Dr. Jorge Flores como coordinador de la realización del museo *Universum*, se reúnen científicos para crear lo que serían los contenidos de las diferentes salas del museo de ciencias, se hacen viajes a diferentes museos de ciencia del mundo, incluido el *Exploratorium* de San Francisco, California, pero se

concluye que se debía hacer un museo mexicano, si tendría algunas exhibiciones de otros museos del extranjero, pero más que nada se daría preferencia a las creaciones de exhibiciones que fueran únicas y que no estuvieran en ninguna parte del mundo, eso sí de corte interactivo [Chávez, 2008:98-169].

Antes de que el museo de ciencias alojara sus exhibiciones interactivas, se pensó en hacer exposiciones en otros puntos de la ciudad de México, con el fin de evaluarlas y tener una idea más acertada de lo que el público esperaría al entrar a un museo de este tipo en México. Y así, después de algún tiempo, se inaugura el primer museo de ciencias interactivo mexicano llamado *Universum*, el museo de las ciencias, con 13 salas de exhibiciones con temas como Evolución, Astronomía, Matemáticas, Física entre otros, obras de teatro científico, talleres de ciencia, conferencias, charlas, festivales de ciencia y un sinnúmero de actividades que principalmente están dirigidas a un público no especializado en temas científicos que por más de 20 años ha logrado un acercamiento a temas tan complejos de las áreas más especializadas de la ciencia [Chávez, 2008:98-169].

Según Eduardo Martínez “los centros interactivos de ciencia y tecnología se han convertido en centros de aprendizaje público. La creación de los centros plantea una nueva forma de interrelación entre el objeto de conocimiento y el individuo. La posibilidad de ver, oír, tocar, experimentar, cuestionar, discutir, reflexionar, en suma, de interactuar como sujeto activo con el objeto tecnológico, es una contribución sustancial

para la comprensión de su realidad cotidiana y la naturaleza del conocimiento científico y tecnológico” [Martínez, 1997:11-12].

Eduardo Martínez continúa diciendo que “las exhibiciones interactivas ofrecen una oportunidad de acercar la ciencia y la tecnología a la realidad cotidiana, reconociendo tanto su condición abstracta como su valor práctico. Las exhibiciones ofrecen diversos caminos hacia el conocimiento científico y tecnológico, frecuentemente como una aventura llena de sorpresas, donde la mejor pregunta es la que conduce a nuevas y apasionantes preguntas. Y en el camino se van resolviendo algunos de los enigmas, reconociendo que no hay verdades absolutas y que los errores son una oportunidad para aprender” [Martínez, 1997:12].

Pero si bien las experiencias significativas dentro de estos centros de ciencia se logran a través de exhibiciones interactivas, siempre hace falta un mediador, así lo afirman varios investigadores especialistas en MCC como Patricia Aguilera-Jiménez (2012), Brigitte Zana (2005) y el mismo Eduardo Martínez, como lo expresa en la siguiente cita: “las experiencias de aprendizaje en los centros interactivos de ciencia son fundamentalmente grupales; los visitantes vienen acompañados de compañeros de estudio o trabajo, amigos, familiares, vecinos. Las exhibiciones ofrecen oportunidades para la experimentación colectiva; los papeles de profesor y alumno se alternan constantemente, y las explicaciones provienen de todas direcciones. Las actividades de popularización

de la ciencia y la tecnología han posibilitado nuevos espacios de comunicación abiertos a diferentes sectores de la sociedad y, más aún, se han convertido en un valioso apoyo al sistema educativo formal, que en América Latina frecuentemente no cuenta con recursos y capacitación apropiados para enfrentar los desafíos del desarrollo económico y social ni del desarrollo científico y tecnológico” [Martínez, 1997:12-13].

Y para finalizar con este capítulo, otra vez citaré a Eduardo Martínez, porque creo que él tiene claro que lo importante de hacer este tipo de investigaciones, como la presente tesis doctoral, es hacer una reflexión profunda de los aspectos que pudieran servir como base para la creación de nuevos MCC adecuados para cada lugar, región o país, sin que se tengan que imitar los casos de éxito de otros museos, que fuera de contexto ocasiona que no llamen la atención de sus visitantes y no se logre correctamente divulgar los conocimientos científicos a través de estos espacios:

“Los centros interactivos de ciencia y tecnología constituyen un fenómeno socio cultural de excepcional relevancia en la región. Es menester, sin embargo, reflexionar, analizar y discutir la naturaleza y el tipo de centro más apropiado a las condiciones culturales, sociales y económicas específicas de cada comunidad. En efecto, la concepción, filosofía, diseño y operación de un centro interactivo resultan de fundamental importancia. El entorno físico (los espacios,

los materiales, la familiaridad), las exhibiciones mismas (el grado de sofisticación tecnológica, los materiales, los artefactos, los dispositivos), la distribución y secuencia de las exhibiciones, la atmósfera del centro en su conjunto, pueden favorecer la interacción y el aprendizaje, atraer y atrapar al visitante en su búsqueda y descubrimiento del conocimiento, o desviarlo y dejarlo a la deriva. Parecería surgir una dicotomía entre la dimensión humana, la escala, el enfoque centrado en el sujeto de los centros interactivos endógenos, de bajo costo, y los centros copiados de aquéllos en países desarrollados, con exhibiciones importadas, frecuentemente caras, brillantes... y distantes. ¡Ésa es la cuestión!” [Martínez, 1997:13].

### Conclusión del capítulo

Los museos se han transformado a través de la historia y no solamente por el tipo de colecciones que los caracterizan, sino también por las diferentes funciones sociales que han venido desempeñando junto con sus misiones y objetivos propios. Para los expertos e investigadores no fue fácil llegar a un acuerdo de lo que es un museo pero el *Consejo Internacional de Museos*, ICOM por sus siglas en inglés, logró una definición en 2007 que hasta la fecha sigue vigente<sup>5</sup>, así pues tenemos que:

<sup>5</sup> “Los primeros indicios para definir un museo se encuentran en el ICOM. El primer intento que surge en 1946 se basa principalmente en el patrimonio material. En 1974 no se modifica la definición pero se da un listado de otros entes que pueden ser considerados como museos, entre ellos las

“El museo es una institución permanente, sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y de su desarrollo, abierta al público que adquiere, conserva, estudia, expone y transmite el patrimonio material e inmaterial de la humanidad y de su medio ambiente con fines de educación y deleite” [ICOM, 2010:52].

El museo pasó de ser un templo de veneración a convertirse en un símbolo de poder o prestigio, ya sea moral o intelectual, se dividió principalmente en dos grandes ramas del conocimiento humano, el arte por un lado y la ciencia y la tecnología por el otro, el museo pasó de exhibir obras del ser humano a especímenes vivos y muertos, y pasó de exhibir colecciones y funcionar como centros de investigación que a su vez tenían el papel de crear vocaciones científicas, a desempeñarse como complementos de la educación formal en el que el énfasis era convertirse ahora en centros educativos y de divulgación del conocimiento donde la experiencia interactiva cobraba lugar.

---

instituciones que presentan especímenes vivientes tales como jardines botánicos, zoológicos y acuarios, etc. De nuevo, en 1983, los del ICOM se ven obligados a sacar otra lista de instituciones que se tienen como nuevos museos, entre ellos los centros científicos y planetarios. Sin embargo, siguen con la misma definición de 1946, sólo hasta 2007 la modifican y se introduce el patrimonio inmaterial (como las ideas en la ciencia). Se puede inferir de todo esto el enorme poder y la prepotencia de los museos basados en objetos (que Jean Davallon clasifica dentro de la museología del objeto), que impidieron durante muchos años que se cambiara la definición de 1946 y el advenimiento de una nueva museología: la de la idea” [comunicación personal con el Msc. en Física Francisco Julián Betancourt Mellizo, director del *Museo de la Ciencia y el Juego*, Universidad Nacional de Colombia].

Los nuevos museos y centros de ciencia llegaron para quedarse, y ahora, a sus más de 45 años de haberse creado son parte de una labor fundamental que es la divulgación de la ciencia. Recorrer un MCC es apreciar también a sus creadores, ya que ellos son los responsables de presentar la ciencia de una forma simple y a veces, hasta divertida. En consecuencia, y por otras muchas más razones, estos lugares se han convertido en un instrumento ideal para divulgar la ciencia y la tecnología, además de que incluso, algunos de ellos han inspirado nuevas formas de exhibir y se han convertido en modelo para la creación de otros MCC. Pero, ¿qué características hacen que un museo sea exitoso, es decir, que tenga buena aceptación entre el público al que va dirigido? ¿se pueden clasificar los MCC de manera que se pueda discernir entre museos creativos y museos imitadores? ¿cuáles son esos elementos creativos por los que un MCC pueda ser considerado como icónico?

En la literatura se pueden encontrar diferentes clasificaciones de los MCC que toman en cuenta aspectos tan diferentes entre ellos, que en realidad no se puede tener un resultado contundente de cuál de éstos es mejor ni en qué aspecto. Pero un rasgo interesante a analizar para saber qué es lo que hace que un MCC sea un medio idóneo para divulgar los conocimientos científicos, es estudiarlo desde el punto de vista de la creatividad así que este concepto se desarrollará en el siguiente capítulo para tener una idea clara de qué es y cómo se relaciona con un MCC.





*Capítulo 2*  
*Las Distintas*  
*Caras de la Creatividad*

*“El vórtice”, exhibición del Exploratorium, Adriana Elisa Espinosa, 2011.*

## Capítulo 2

### Las distintas caras de la creatividad

“La formulación de un problema es más importante que su solución”.

–Albert Einstein.

#### Introducción

La creatividad es hoy en día un fenómeno que está ganando importancia sobre todo al momento de evaluar un producto de divulgación de la ciencia, pues se piensa que es un elemento clave que contribuye a hacer accesible el conocimiento científico especializado a un público lego. La investigadora Ana María Sánchez Mora afirma en su libro *La divulgación de la ciencia como literatura* que:

“La divulgación de la ciencia es una labor eminentemente creativa que recrea el conocimiento científico para formar y acrecentar la cultura científica” [Sánchez Mora, 2000:54].

Siguiendo con esta misma idea, el filósofo Carlos López Beltrán postula que:

“La actividad de la divulgación de la ciencia es una de las que más creatividad e imaginación exige a sus practicantes. Muy a menudo incomprendida, esta labor debe realizarse ‘entre dos fuegos’. Por un lado, debe extraer su sustancia, sus materiales,

del cerrado ámbito científico, y debe, por otro lado alcanzar, interesar y, si es posible, hasta entusiasmar al lector común con sus resultados. La crítica es dura por ambos lados. El científico exige no ser traicionado, y el lector exige claridad y calidad. Sólo un ejercicio a la vez serio e imaginativo de reescritura puede, en mi opinión, construir el puente –tan mencionado y tan esquivo– entre la ciencia y el ciudadano común. La divulgación de la ciencia –esa es mi tesis– es un discurso autónomo y creativo que, a pesar de lo que generalmente se cree, no es ni un apéndice del mundo científico ni un periodismo especializado. Por su fin y por su exigencia está más cerca de los textos literarios” [López Beltrán, 1983:291].

Si bien, tanto Ana María Sánchez Mora como Carlos López Beltrán se refieren a la creatividad que está inmersa en la divulgación de la ciencia escrita, no dista mucho de la que se hace en otros medios de comunicación como la radio, la televisión y los museos y centros de ciencia, entre otros. En la gran variedad de productos de divulgación científica de los distintos medios de comunicación, también se

necesita una gran cantidad de creatividad para transformar los complejos conceptos científicos en productos accesibles a un público no especializado. Sin embargo, no se tiene claro qué aspectos de la creatividad pueden ser tomados en cuenta para poder hacer una evaluación efectiva de este rasgo. Pero si se analizan los productos de divulgación de la ciencia en función de su creatividad, se podrá ir dilucidando cuáles de sus características son susceptibles de tomarse en cuenta como parte de una evaluación objetiva que lleve a mejorarlos.

Los museos y centros de ciencia (MCC) son hipermedios de divulgación, que pueden ser considerados productos ideales para evaluar en éstos un gran número de rasgos creativos, tomándose en cuenta al museo como un objeto integral. Uno de los modelos de creatividad que ayudan a alcanzar esta meta es el modelo de Mihaly Csikszentmihalyi. Aunque presentaré diversas posturas y enfoques de la creatividad, se notará que es el modelo de Csikszentmihalyi el que más ayudará a analizar un producto de divulgación como un MCC, ya que engloba tres aspectos muy importantes que son: “una cultura que contiene reglas simbólicas, una persona que aporta novedad al campo simbólico, y un ámbito de expertos que son los que reconocen y validan la innovación. Los tres subsistemas son necesarios para que tenga lugar una idea, producto o descubrimiento creativo” [Pascale, 2005:65].

Csikszentmihalyi distingue la “creatividad” con “c” minúscula de la “Creatividad” con “C” mayúscula. Así pues, define a la primera como “a la

que refiere la psicología comúnmente como la puesta en práctica del ingenio en la vida cotidiana, como puede ser cocinar una deliciosa pasta, o realizar un negocio beneficioso” [Pascale, 2005:66] y a la segunda como “el proceso por el cual dentro de una cultura resulta modificado un campo simbólico” [Pascale, 2005:66]. Para Csikszentmihalyi es muy importante que la creatividad, ya sea como proceso o como producto, alcance logros públicos, ya que una creatividad de tipo social o con C mayúscula será la que implique un cambio en un sistema simbólico, que a su vez genere un cambio en la forma de pensar y sentir de los miembros de la cultura. Y, termina diciendo, si esto no ocurriera no sería creatividad [Pascale, 2005:70].

En conclusión, según Csikszentmihalyi una idea o producto que se denominen socialmente creativos son aquellos cuyas aportaciones han cambiado paradigmas, han influido en la cultura y han cruzado las fronteras de un campo simbólico en un mundo cada vez más especializado. Estos individuos o sus aportaciones establecen conexiones con ramas adyacentes del conocimiento para enriquecer la cultura y mejorar la calidad de vida, por lo que se les conoce como personas o productos socialmente creativos [Csikszentmihalyi, 1998:43-44].

Pero antes de seguir con Csikszentmihalyi, se debe tener claro qué es creatividad, así que a continuación se analizará este concepto y también sus diferentes concepciones a través de las diversas posturas y modelos de diferentes estudiosos de la creatividad.

## **Hacia una definición de la creatividad**

La creatividad es un concepto complejo, y por lo mismo, no se ha podido definir contundentemente, ni se puede explicar a partir de una sola característica. Los estudiosos de la creatividad se han acercado a posibles definiciones, pero a lo que más se ha llegado es a obtener diferentes rasgos que en conjunto se podría describir como creatividad. Por ejemplo, si se busca en el diccionario la palabra crear, se obtiene que este término proviene de la palabra en latín *creare* que significa hacer algo de la nada [Espinosa Contreras, 2009:27].

Sin embargo, para diferentes investigadores desde disciplinas como la psicología, computación, literatura, filosofía, arte, entre otras, significa algo más. Para Margaret Boden “la creatividad no puede surgir de la nada y tiene que ser más que solamente algo nuevo” [Boden, 1994]. Para Charles Sanders Peirce “lo creativo es lo nuevo y debe ser valioso, inteligible y original” [Peirce, 1966]. Mihaly Csikszentmihalyi postula que “la creatividad es cualquier acto, idea o producto que hace un cambio en un campo ya existente, o que transforma un campo ya existente en uno nuevo” [Csikszentmihalyi, 1998]. Sternberg y Lubart se centran en la persona creativa y manifiestan que “ésta se considera así, cuando genera ideas relativamente nuevas, apropiadas y de alta calidad” [Sternberg *et al*, 1997].

Si bien, según Saunders (2002), no hay un consenso de lo que significa creatividad a pesar de las múltiples definiciones encontradas en la literatura, sí se pueden extraer los rasgos

principales que la conforman como son: que la creatividad es la habilidad para producir artefactos, ideas o productos novedosos (originales, inesperados, sorprendentes) y apropiados (útiles, valiosos, bellos, adaptados, inteligibles) [Espinosa Contreras, 2009:28].

## **La creatividad como proceso y como producto**

De lo anterior se puede distinguir que hay dos vertientes para estudiar la creatividad, el producto y el proceso. Para los fines de los análisis que se harán en esta investigación en particular, el producto sería el MCC como tal, y el proceso, todo lo que implicó y llevó a su creación, desde que se generó la idea, tal vez en la mente de un solo individuo, hasta su realización y construcción con la ayuda de todo un equipo de colaboradores. Algunos investigadores de la creatividad como Margaret Boden, afirman que debe hacerse una distinción entre proceso y producto, pero que es imprescindible tomar en cuenta a ambos y no estudiarlos por separado, esto con el fin de llegar a una mejor comprensión de la creatividad, ya que el producto ayuda a responder por qué es creativo y en qué medida, mientras que el proceso respondería a la pregunta de cómo surgió esa idea [Boden, 1994:51-67].

Debido a que la divulgación de la ciencia tiene como receptores a diferentes tipos de público con distintos niveles de conocimiento, es que utiliza una variedad de medios de comunicación, los que a su vez generan numerosos productos de divulgación de la ciencia. Entonces, se afirma que los que utilizan la televisión como medio de divulgación producen

programas televisivos como productos; los que utilizan el teatro, crean productos como las obras con historias y personajes interesantes; los que utilizan los medios escritos, elaboran productos como artículos, reseñas, reportajes, cuentos, novelas y relatos que se publican en revistas, boletines, libros, entre otros. Pero siendo el MCC un medio complejo de divulgación ¿se trata de un medio o de un producto?

Si se toma al MCC como medio de comunicación, el producto serían las obras a exhibir junto con las cédulas, los equipamientos, las exhibiciones y exposiciones, tanto temporales como permanentes; las actividades que lo complementan como conferencias, talleres, audiovisuales, recreaciones artísticas, en fin, todo lo que ocurre dentro del lugar. Entonces, el MCC es un medio una vez que ya está construido; pero en un inicio, cuando no se tiene más que una idea o un plan para desarrollarlo, se convierte en un producto, cuya creación implica un gran reto.

Visto desde su origen, el MCC sería entonces un producto muy interesante a analizar, porque además de investigar el proceso por el cual fue creado, se pueden analizar también todos los productos que se han obtenido desde sus inicios, como exhibiciones o dispositivos interactivos, y se podría también entender cómo han ido cambiando a lo largo de los años, siendo algunos más originales que otros al punto de que algunos han servido de modelo para la creación de muchos otros.

Una vez aclarado el punto de si el MCC es un medio o un producto, continuaré en la siguiente sección con los diferentes modelos, enfoques y posturas que ayudarán a saber qué es esa cosa llamada creatividad.

### **Diferentes enfoques y posturas de la creatividad**

Al hacer un poco de historia y al analizar los enfoques que ayudan a entender la creatividad, se observará que algunos investigadores la tratan como algo misterioso a la que solamente se llega a través de la inspiración divina. Platón lo formula así: “Un poeta es sagrado y nunca es capaz de componer hasta que esté inspirado, poseído y la razón ya no esté en él... porque no es por el arte que las articula, sino por el poder divino” [Boden, 1994:19]. Visto así la creatividad constaría de un acto completamente inconsciente y azaroso, sin posibilidad de explicarla de forma lógica ni científica; y hasta parecería que se tratara de un acto irracional, ya que el poeta negaría el principio de ser racional por el hecho de no poder ser capaz de ofrecer un buen argumento para explicar por qué creó un nuevo poema.

Otro enfoque se encuentra en Arthur Koestler, quien explicaba que la creatividad se facilita a través del acto de la intuición: “El momento de la verdad, la emergencia repentina de una nueva comprensión, es un acto de la intuición. Tales intuiciones dan la apariencia de destellos milagrosos o de cortocircuitos del razonamiento. De hecho, se los puede comparar con una cadena montañosa sumergida, de la cual sólo los extremos son visibles por encima de la superficie de la

conciencia. El buzo se sumerge en un extremo de la cadena y emerge del otro lado, guiado por eslabones invisibles” [Boden, 1994:20].

El matemático francés Henri Poincaré sugiere que la creatividad consta no nada más de un trabajo consciente sino también requiere de la combinación oculta de ideas inconscientes [Poincaré, 1963]. Distinguió cuatro fases de la creatividad: preparación, incubación, iluminación y verificación (fases denominadas así más tarde por otro matemático llamado Jacques Hadamard). Poincaré destacaba la fase preparatoria y creía que se lograba como resultado de la activación de ideas relevantes en el inconsciente [Boden, 1994:38]. Koestler y Poincaré avanzaron en el sentido de dar una descripción de la creatividad pero no en su explicación a detalle; además, solamente se centraron en el proceso.

Desde que en 1938 el filósofo de la ciencia Hans Reichenbach establece una distinción entre lo que se llama *contexto de descubrimiento*<sup>1</sup> y *contexto de justificación*<sup>2</sup>, la investigación contemporánea y la reflexión filosófica han versado sobre este último contexto, dejando a disciplinas como la psicología de la ciencia, al estudio del *contexto de descubrimiento*. Pero si se hace la

---

<sup>1</sup> Relacionado con el modo en que a un científico se le ocurren los distintos conceptos, hipótesis, leyes o teorías, dadas ciertas condiciones o circunstancias [Díez *et al*, 2002:21].

<sup>2</sup> Relacionado con el modo en que, una vez que a un científico se le ocurre algo –sea un concepto, una hipótesis, una ley o una teoría–, e independientemente de cómo se le ocurrió, se determina la justificación, validez, legitimidad o fiabilidad de dicho descubrimiento [*Ibid.*].

pregunta, por ejemplo acerca de si existe alguna lógica en el surgimiento de una nueva idea en la ciencia, entonces se puede afirmar que sí se pueden hacer reflexiones filosóficas dentro del *contexto de descubrimiento*.

Las posturas que describiré a continuación ayudarán a entender cómo surge una idea en la ciencia y cómo se comunica a la sociedad. Se podrá notar que de entre estas posturas hay serias diferencias, algunas son opuestas entre sí y algunas se complementan con otras, al analizarlas se podrá comprender qué es una idea creativa y cómo se obtiene, pero también se aclarará por qué el modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi es el más adecuado para analizar la creación de un producto como un MCC, desde su concepción como idea y hasta convertirse posteriormente en un espacio creativo como medio de comunicación.

### **Popper y la lógica del descubrimiento**

Desde la filosofía se ha estudiado el tema de la creatividad con diferentes visiones, hay algunas posturas que concluyen que la creatividad científica no podría ser más que una invención formal. En un compendio editado por Daniel Rothbart de algunos de los trabajos de Rom Harré, en la sección de falsas teorías sobre la creatividad, Harré compara dos visiones, la del positivista lógico y la del inductivista. Concluye que en ambas, el pasar de un hecho a una teoría, se lograría por una adición puramente formal de la generalización del hecho observado y por una axiomatización lógica de las leyes que se derivan. Así, no habría lugar para

ningún tipo de creatividad [Rothbart, 2004:99]. Para ver esto más de cerca, presento a continuación las visiones de un positivista lógico y de un inductivista:

«Un positivista lógico, desde su forma de pensar extrema de empirismo, postula que no sólo las teorías se justifican en la medida en que se pueden verificar apelando a los hechos conocidos mediante la observación, sino que además se considera que sólo tienen significado en tanto se puedan derivar de este modo» [Chalmers, 2001:7].

«Un inductivista postula que si en una amplia variedad de condiciones se observa una gran cantidad de  $P^3$  y si todos los  $P$  observados poseen sin excepción la propiedad  $Q^4$ , entonces todos los  $P$  tienen la propiedad  $Q$ » [Chalmers, 2001:27].

Así que, de acuerdo con Harré, la creatividad necesaria para la invención de nuevos conceptos sería sólo una ilusión, ya que según un inductivista, el contenido nuevo se añadiría por las revelaciones de la experiencia. Y también para un positivista lógico este retoño de nuevos conceptos podría tener, en el mejor de los casos, un propósito literario, suministrando una clase de apariencia

---

<sup>3</sup> Como ejemplo, a la proposición  $P$  se le puede asignar el valor de “es un cuervo  $x$  en un tiempo  $t$ ”.

<sup>4</sup> Como ejemplo, a la proposición  $Q$  se le puede asignar el valor de “son negros  $n$  en un tiempo  $t$ ”.

atractiva a estructuras proposicionales y ligando conceptos que sólo tienen importancia lógica como puentes de un estado observacional a otro [Rothbart, 2004:99].

De esta forma, siguiendo la visión inductivista-positivista, entonces estrictamente el acto creativo no sería necesario, puesto que todo lo que es esencial para la ciencia estaría contenido en conceptos descriptivos, y la lógica y las partículas gramaticales serían los conectivos de su estructura como un discurso. No habría tal cosa como el estudio del surgimiento de ideas creativas [Rothbart, 2004:99].

En contraste con la visión anterior, si se hace la pregunta ¿la invención de ideas es una especie de ocurrencia accidental mediado por un proceso psicológico? El filósofo Karl Popper contestaría afirmativamente, si es que se enfatiza únicamente en el momento *Eureka*<sup>5</sup> del descubrimiento. De hecho, en su libro *Conjeturas y refutaciones* postula que el científico inventa las nuevas ideas al conjeturar hipótesis arriesgadas, para luego comprobarlas con las observaciones o los experimentos. Pero apunta que el proceso de generación de esas ideas debe dejarse a la psicología, pues se obtienen a través de un proceso aleatorio sin una lógica que la guíe o la regule [Popper, 1972].

---

<sup>5</sup> El momento *Eureka* al que se refiere Karl Popper se define en la siguiente página.

En la obra de Popper llamada *La lógica de la investigación científica* se constata esta última afirmación:

“La etapa inicial, el acto de concebir o inventar una teoría, no me parece que exija un análisis lógico ni sea susceptible de éste. La cuestión acerca de cómo se le ocurre una idea nueva a una persona –ya sea un tema musical, un conflicto dramático o una teoría científica– puede ser de gran interés para la psicología empírica; pero carece de importancia para el análisis lógico del conocimiento científico [Popper, 1991:30].

...no existe, en absoluto, un método lógico de tener nuevas ideas, ni una reconstrucción lógica de este proceso. Puede expresarse mi parecer diciendo que todo descubrimiento contiene ‘un elemento irracional’, o ‘una intuición creadora’...” [Popper, 1991:31].

Si Popper tuviera razón, no habría forma de saber cómo se logra una idea creativa y esta parecería un producto del azar; aumentando el mito de que un científico logra sus ideas brillantes como por acto de magia, marcado por un momento *Eureka*, en el cual *a partir de un chispazo* el descubrimiento tiene lugar. Esta afirmación se encuentra en el artículo *Sobre la lógica del descubrimiento científico de Popper* de la investigadora Atocha Aliseda:

“La idea común acerca de la posición de Popper afirma que los problemas de descubrimiento no pueden ser estudiados dentro de las fronteras de la metodología, pues él niega explícitamente la existencia de una explicación lógica de los procesos de descubrimiento, y considera que su estudio es un asunto que compete a la psicología [Aliseda, 2004:124].

...su posición de dejar el momento *Eureka* fuera del alcance del análisis lógico concuerda perfectamente con su lema: ‘no existe, en absoluto, un método lógico de tener nuevas ideas’...” [Aliseda, 2004:127].

Si bien no hay hasta ahora una lógica contundente que muestre cómo es que surge una nueva idea en el descubrimiento científico, sí se han propuesto modelos de creatividad que más adelante describo, en los que se destaca que es posible analizar la creatividad desde el punto de vista metodológico; pero antes, explicaré en la siguiente sección, qué es el momento *Eureka*.

### **Momento *Eureka*, serendipia o casualidad**

El momento *Eureka* al que se refiere Karl Popper es el instante en el que el descubrimiento de algo tiene lugar; podría definirse como el momento en el que una persona grita “ajá” o “eureka, lo encontré”. Un ejemplo se encuentra en el descubrimiento de *El Principio de Arquímedes*, que postula que todo cuerpo sumergido en un fluido experimenta un empuje vertical, dirigido de abajo a arriba, igual al

peso del fluido que desaloja. El matemático griego Arquímedes (Siracusa 287-212 a. J.C.) descubrió esta ley del desplazamiento que relaciona volumen y densidad.

La historia cuenta, que el rey de Siracusa quería comprobar que una corona que había encargado a un mercader era de oro puro y no una aleación con otro elemento metálico. Le encargó a Arquímedes que le diera una respuesta sin dañar la corona. Así que él comenzó a buscar las posibles soluciones y un día al querer tomar un baño, cuando se introdujo en una bañera observó cómo su cuerpo desplazaba hacia arriba una masa de agua equivalente al volumen sumergido. Arquímedes se dio cuenta de que ese efecto podría usarse para determinar el volumen de la corona, ya que debido a que el agua no se puede comprimir, la corona, al ser sumergida, desplazaría una cantidad de agua igual al de su propio volumen. Al dividir el peso de la corona por el volumen de agua desplazada, se podría obtener la densidad de la corona. Esta densidad sería menor si otros metales más baratos y menos densos le hubieran sido añadidos. Arquímedes saltó de su baño exultante y corrió desnudo a través de las calles de Siracusa gritando “¡Eureka!”. Había resuelto el problema que lo había preocupado durante varios días: cómo medir el volumen de un objeto de forma irregular, tal como una corona de oro [Boden, 1994:20]. Se dice que desde entonces se le conoce a este tipo de descubrimientos como el momento *Eureka*, esta palabra, cuya raíz es griega, está en primera persona del singular del verbo *eurisko* y significa encontrar.



“El Principio de Arquímedes”, exhibición del Deutsches Museum, Adriana Elisa Espinosa, 2011.

Otro tipo de descubrimiento es el que se da por serendipia o casualidad. La palabra serendipia<sup>6</sup> se define como la facultad de realizar descubrimientos felices e inesperados por accidente. Fue originalmente acuñada por Horace Walpole en una carta que le mandó a Sir Horace Mann, el 28 de enero de 1754. Su inspiración vino de una historia que narra las aventuras y desventuras de tres príncipes. En palabras de Walpole:

<sup>6</sup> “The faculty of making happy and unexpected discoveries by accident” New Oxford English Dictionary.

“Este descubrimiento es casi de un tipo que yo llamo serendipia, una palabra muy expresiva... Una vez leí un tonto cuento de hadas llamado *Los tres príncipes de Serendip*<sup>7</sup>... en sus viajes, ellos siempre hacían descubrimientos, por accidente y sagacidad, de cosas que ellos no estaban buscando<sup>8</sup>” [Remer, 1965:20].

El sociólogo de la ciencia Robert King Merton publicó un artículo en 1948 sobre el patrón de serendipia y se refiere justamente a la experiencia común, de cómo es que observar un dato o hecho empírico no anticipado (imprevisto o inesperado, anómalo (o sorpresivo) y estratégico, facilita el desarrollo del inicio de una nueva teoría o la extensión de una teoría ya existente [Van Andel, 1994:633].

En primer lugar, hay que notar que el dato no es anticipado. Es el que aparece en una investigación cuando se quiere probar una hipótesis y en lugar de obtener un resultado directo, lo que se obtiene es un producto “por casualidad”, es decir una observación inesperada. En segundo lugar, la observación es anómala o sorpresiva, debido a que aparece sin formar parte de la teoría prevaleciente o de otros hechos establecidos. De cualquier forma,

---

<sup>7</sup> Serendip es el nombre antiguo de Ceilán (hoy Sir Lanka).

<sup>8</sup> “...they were always making discoveries, by accidents and sagacity, of things which they were not in quest of...” [Remer, 1965:20].

esta aparente inconsistencia provoca curiosidad al investigador y lo estimula a hacer que el dato tenga sentido y adecuarlo dentro de un amplio marco de conocimiento. En tercer lugar, el hecho inesperado debe ser estratégico, es decir, debe conducir a implicaciones que ayuden a la generalización de la teoría. Para esto se requiere de un observador sensible a la teoría y que pueda detectar lo universal en lo particular [Van Andel, 1994:634-636].

Un ejemplo famoso de serendipia se encuentra en el descubrimiento de la penicilina por parte del médico escocés Alexander Fleming (1881-1955). A continuación se describirá el hecho casual que llevó a Fleming a descubrir la penicilina y por lo que se ajusta a un descubrimiento por serendipia. Pero no se debe olvidar que su obra es amplia y consistente, no se debe tanto a la casualidad sino a la continuidad lógica entre sus trabajos. Sus aportaciones científico-médicas pueden agruparse en cuatro grandes ámbitos: aportaciones y mejoras a las técnicas de su época, estudio de las heridas sépticas, descubrimiento de la lisozima y su trascendencia biológica, y el descubrimiento de la penicilina y sus repercusiones biomédicas [Camacho, 2001:11].

En el siguiente relato, tomado del libro *La penicilina prodigiosa* de José Camacho Arias, se pueden constatar los tres requisitos básicos de la serendipia en el descubrimiento de la penicilina:

“La espora del hongo hifomiceto, recién desprendida del *Penicillium* madre, flotaba en el aire; quizá provenía del piso de abajo, donde existía un laboratorio de investigación micológica con multitud de especies de hongos. Era a finales de julio de 1928, fechas en las que la gente se apresuraba a finalizar las tareas pendientes antes de partir de vacaciones. En el Departamento de Inoculación, el trajín era continuo y el ir y venir de unos y otros llevó a la espora hacia el piso superior, donde acabó por entrar en uno de los cuartos próximos a la escalera; allí, un hombre menudo se ocupaba tranquilamente de cubrir con agar unas placas de Petri, en una de las cuales cayó la espora fortuitamente. Luego, el hombre iría sembrando cada uno de aquellos cultivos con un peligroso microbio, el *Staphylococcus aureus*, para comprobar la relación entre sus variaciones de tonalidad y su poder patogénico.

Quizá la espora del hongo se introdujese en otro momento, tras la operación de siembra con el mortal estafilococo, aunque eso resultaba indiferente para el moho; una a una, aquellas placas irían a la estufa para incubaciones bacteriológicas, donde pasarían no menos de 24 horas a unos 37°C. Sin embargo, algo distrajo la atención del laborante, persona agradable y siempre atenta a cualquier incidencia o comentario: una de las placas quedó fuera en aquel descuido y permaneció amontonada en su mesa de trabajo junto a viejas preparaciones.

El experimento con la incubadora concluyó al día siguiente y nuestro hombre extrajo los cultivos para anotar con su acostumbrada minuciosidad los resultados en un cuaderno;

esperaba que mejorase el tiempo, bastante fresco para estar a fines de julio, pues dentro de poco saldría con su esposa y su pequeño hijo de vacaciones.

Por fortuna, a primeros de agosto el calor volvió y durante todo el mes la familia disfrutó de unas reposadas vacaciones en un pueblecito no demasiado lejos de Londres; las cosas seguían su marcha y, a su regreso, el hombre esperaba encontrarse en el laboratorio con un esperado nombramiento de profesor de la universidad.

Llegado septiembre, volvió al trabajo con el ánimo renovado. Debía organizar la tarea que le esperaba en la nueva temporada, con un nuevo compañero y nuevas responsabilidades; pero justo uno de aquellos días, cuando más ocupado se encontraba, apareció un antiguo colaborador para ‘ver cómo marchaban las cosas por allí’. Amable por naturaleza, el investigador lo atendió. Le habló de todo el trabajo pendiente que se había acumulado desde su partida, aunque la conversación derivó pronto hacia la curiosa conexión entre la capacidad patogénica de los estafilococos y el color de sus colonias en cultivo; como ejemplo le mostró las placas de Petri que, en aquellos momentos, desechaba:

-Fíjese en ésta. Observe las tonalidades y vea aquí anotado su poder infectante...

El visitante observaba atentamente,  
-¿A qué cree debida esa relación? –le preguntó él.

-No sé. Tal vez –comentó el hombre– sea por la pigmentación. Que contenga alguna sustancia que haga más difícil su control por los fagocitos.

Recogió otra placa y la miró al trasluz con intención de ampliar sus explicaciones. En ese momento se percató de que un hongo gris verdoso crecía en un lado del cultivo y que las colonias áureas del estafilococo sólo aparecían a prudencial distancia.

-¡Qué interesante es esto! –se dijo.

-¿Qué? –preguntó el visitante.

-Mire, un moho interrumpe el crecimiento del bacteriano. ¿Por qué cree que será?

El visitante, un joven médico muy volcado hacia la patología, pensó: ‘Después de un mes, ¿qué querrá? Lo normal, tras tanto tiempo y con este desorden que siempre tiene, es que haya otras placas contaminadas’.

La visita concluyó, pero el hombre había dejado intencionalmente a un lado la muestra con el hongo; deseaba pensar en el asunto más a fondo y consultar con sus colegas. Se pasó el día estudiando el fenómeno al microscopio y mostrando la placa a cuantos encontraba para oír sus opiniones; hasta el que, a pesar de su jubilación, seguía siendo su jefe se vio forzado a escucharlo y a mirar el resultado del hongo furtivo. Más tarde, el especialista en hongos del laboratorio comprobó que se trataba de un organismo del grupo de los *Penicillium*, bien conocido desde antes, aunque éste era singular, al destruir las bacterias en competencia” [Camacho, 2001:85-88].

Según el relato anterior, lo que Fleming obtuvo en 1928 fue una observación inesperada, el hecho de que la espora del hongo se introdujera en la caja de Petri fue fortuito y además fue sorprendente. Pero Fleming no se limitó a retirar la placa “estropeada” por la presencia del moho, sino que se interesó especialmente en ella. Tras obtener unas muestras y realizar una serie de comprobaciones, su espíritu práctico hizo que buscara enseguida posibles aplicaciones terapéuticas y como reactivo de laboratorio [Camacho, 2001:89]. Pero además, ese hecho inesperado fue estratégico y lo condujo a grandes implicaciones en la rama de la medicina. Sin embargo, Fleming con una mente selectiva, su facilidad de observación, sus dotes inventivas aunado a su formación como médico bacteriólogo, acostumbrado a tratar las infecciones sifilíticas, tuberculosas y de guerra, fue lo que posiblemente impulsó su búsqueda, en la que llegaría más allá que otros colegas y que lo llevó a encontrar algo que resultase eficaz contra las bacterias dañinas y que fuese tolerado por los tejidos biológicos, revolucionando una parte de la medicina de aquel tiempo [Camacho, 2001:89].

A este tipo de descubrimientos se le conocen como descubrimientos por serendipia o por casualidad, pero como se verá más adelante, no es el momento *Eureka* o la serendipia la explicación más adecuada sobre lo que conduce a tener ideas nuevas y creativas, sobre todo al momento de crear nuevos MCC.

## Los tres reinos de Rom Harré

El filósofo de la ciencia Rom Harré, quien a lo largo de sus investigaciones y al hacerse preguntas como ¿qué es una idea creativa y cómo surge? ¿de dónde surgen los conceptos en una teoría científica? no analiza únicamente el contenido de una teoría sino su génesis.

Para contestar las preguntas anteriores y otras cuestiones parecidas, Harré afirma que crear es producir o generar lo que no ha existido antes y no solamente eso, crear es generar algo que hasta ese momento es desconocido. En la ciencia, el producto más obvio de creatividad es una clase de discurso, el flujo de la teoría. Pero la teoría es en sí un producto secundario y la define como una descripción de cosas y productos potenciales, que producen el fenómeno de nuestra experiencia. Pero agrega que, al menos al inicio, esas cosas potenciales y los procesos descritos en la teoría no son parte de la experiencia, ya que la creatividad ocurre cuando estamos imaginando y concibiendo las ideas de esas cosas posiblemente potenciales [Rothbart, 2004:99].

Por otro lado, si una teoría suministra entendimiento entonces también debe ser inteligible. Y, según Harré, la inteligibilidad se deriva de las entidades y formas novedosas que se conciben en la imaginación científica creativa. Así que la novedad debe tener una conexión con lo conocido. Pero la única conexión posible que admite la novedad y la inteligibilidad es una analogía (modelo analítico), y, además permite, comprender tanto el origen como el uso de los conceptos en la

creación de los hechos de una teoría. De esta forma, se debe considerar el proceso en función de una analogía a la que Harré denomina «analogía analítica» [Rothbart, 2004:99].

Según Harré, para que se inicie el proceso de creatividad en la ciencia, primero se necesita una analogía analítica que actúe sobre la experiencia común para seleccionar patrones observados. Estos patrones son reales, por lo tanto deben ser producidos por un mecanismo real. En las fases iniciales no es observable, por lo cual está relacionado de modo problemático con un «suplente» temporal que guía la investigación. Este es el proceso imaginario pensado sobre la base de una analogía analítica con un modelo de origen (diferente del modelo analítico) o análogo. Los elementos de este esquema no tienen por qué estar en la mente de una persona. Es posible que la totalidad de los componentes necesarios se vea realizada tan sólo en una comunidad de científicos, en un equipo de investigación. Unos desarrollan el análogo analítico y otros el análogo de origen, y así sucesivamente [Harré, 1989:57].

Un ejemplo procedente de las ciencias físicas para explicar el uso de analogías analíticas sería como el siguiente: En 1667, Robert Boyle (1627-1691) —uno de los creadores de la física experimental, quien estableció las leyes de la presión de fluidos, describió un barómetro portátil y escribió sobre calor, frío y electricidad— estaba interesado en el problema del vacío. Se hacía preguntas como ¿por qué no existían vacíos naturales en el mundo ordinario? ¿se debía a una prohibición divina o era el efecto de un proceso natural? Boyle pensaba que

si el aire era elástico, tendería a expandirse para llenar los sitios vacíos, en el momento de que se formasen [Harré, 1989:52]. Junto con Robert Hooke (1635-1703) construyó una máquina que se basaba en la bomba de aire del físico alemán Otto von Guericke (1602-1686), en la que realizó una serie de experimentos acerca de las propiedades del aire, entre sus resultados están que estableció que el aire era comprimible, demostró que el sonido no se transmite en el vacío y por primera vez demostró la aseveración de Galileo acerca de que en el vacío, una pluma y un trozo de plomo caen a la misma velocidad. Pero un resultado muy importante, que después se convirtió en lo que hoy se llama la ley de Boyle-Mariotte «presión  $\times$  volumen = una constante», es al que llegó al entender la relación que hay entre la presión y el volumen de un gas dentro de un recipiente [García-Colín, 1987:35].

Según Harré, lo que Boyle hizo para poder llegar a esa ley, fue una analogía analítica entre lo que todavía no observaba y algunos patrones que ya había observado, construyendo un modelo que le permitiera entenderlos. Así que cargó un muelle de metal —la analogía analítica para Harré— con un peso y comprobó que se comprimió. Entonces Boyle estudió las propiedades del muelle midiendo la cantidad de compresión causada por diferentes pesos. Se dio cuenta de que el volumen ocupado por un gas es inversamente proporcional a la presión con la que el gas se comprime y también que, si se elimina la presión, el aire recupera su volumen original. Boyle se convenció de que el aire estaba compuesto por pequeñas partículas separadas por espacio vacío [Harré, 1989:52-53].

La analogía analítica, por lo tanto, es una combinación de nuevas cosas y procesos, los cuales deben parecerse a cosas y procesos conocidos de alguna forma, pero podrían no parecerse a alguna otra. La analogía analítica como proceso surge en la imaginación científica creativa, y Rom Harré la estudia en algunos de sus actos y examina algunas de las dificultades y disciplinas que se han desarrollado para saber cómo es que surge la teorización en los científicos. Que más que serendipia, se trata de ideas estrictas de lo que es posible. Harré propone que el reino de la realidad empírica parece extenderse más allá de lo que podemos tener experiencia [Rothbart, 2004:99-100]. Su propuesta de tres reinos de la realidad se analizará a fondo a continuación.

El *reino 1* es el que se conforma de los entes que se han observado. Este reino incluye objetos cotidianos (de todos los días) así como aquellos tipos de entes que las ciencias han hecho visibles, audibles, etc., como las bacterias y los asteroides [Rothbart, 2004:47].

El reino de los entes que no han sido observados en algún momento de la historia de las ciencias se divide difusamente en dos subreinos. De esta forma el *reino 2* se conforma de los entes que podrían ser observados si se tuvieran los medios técnicos. Antes del advenimiento del microscopio electrónico, los virus y las redes moleculares fueron hasta entonces inobservables. Eran entes del *reino 2*. El desarrollo de nuevas tecnologías de instrumentación cambió el estatus de esos entes que ahora se toman y se incluyen en el *reino 1* [Rothbart, 2004:47].

Sin embargo, los desarrollos de la modelación en física y química, cosmología y aún en la psicología, han forzado a los científicos a incluir en la esfera de la ciencia un reino de entes que nunca podrían observarse. Al dominio de estos entes se le llama *reino 3*. Entes típicos de este reino incluyen monopolos magnéticos, cuerdas y gravitones, y muchos otros. La creación de modelos para representar los entes del *reino 3* es un proceso cognitivo muy diferente de la modelación de los entes del *reino 2* [Rothbart, 2004:47].

Los *reinos 1, 2 y 3* se traslapan. Este hecho será muy importante al tratar de entender cómo los proyectos de la investigación científica se planean y ejecutan. Rom Harré propone el siguiente diagrama para la introducción de los 3 reinos [Rothbart, 2004:47].

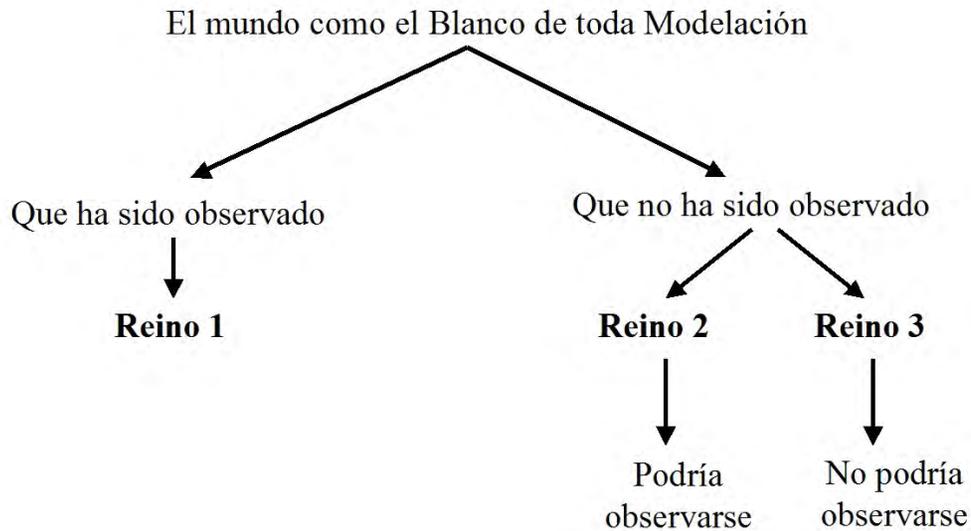


Diagrama 2.1.-Los tres reinos de Rom Harré [Rothbart, 2004:48].

La visión de Rom Harré es realista; de acuerdo con esta visión, los conceptos de la teoría se refieren a *procesos reales posibles* en las estructuras reales de las cosas, y de esta forma la introducción de un nuevo concepto aumenta la posibilidad de experiencia y añade algo a la concepción del mundo [Rothbart, 2004:100].

Pero los filósofos realistas de la ciencia difieren fundamentalmente en si la aparición de una nueva teoría o de sus conceptos que la componen dentro de una comunidad científica —y presuntamente una vez que está en la mente de un científico— es un proceso que es susceptible de análisis racional, y entonces se reduce a seguir obedientemente ciertos cánones. De esta forma algunos filósofos realistas mantienen una teoría puramente psicológica (y por lo tanto serendipia) de la creación científica [Rothbart, 2004:100].

Si se analizan algunos casos con más detalle como el de Kepler<sup>9</sup>, la visión de algunos investigadores es que la invención científica es algún tipo de ocurrencia accidental, mediada por procesos psicológicos y misteriosos para el inventor mismo. Estas ocurrencias son una combinación histórica, biográfica y psicológica. Pero el análisis

<sup>9</sup> Johannes Kepler (1571-1630) fue un partidario convencido del sistema heliocéntrico de Copérnico, descubrió, gracias a las precisas observaciones de Tycho Brahe, de quien fue ayudante y sucesor, las leyes del movimiento de los planetas (leyes de Kepler); la primera de esas leyes postula que las órbitas de los planetas son elipses, en uno de cuyos focos se encuentra el Sol (1609) [Espinosa Contreras, 2004:21-25].

de la vida intelectual de Kepler revela ciertas preparaciones que cualquiera debe garantizar si se espera un *descubrimiento*, en el sentido de la invención de un nuevo concepto que brinde orden a los datos. Es decir, se puede ver que Kepler ya tenía el concepto de elipse como una forma, tanto geométrica como analítica, antes de que pudiera aplicarla creativamente al problema de darle sentido a la órbita de Marte [Rothbart, 2004:100].

Rom Harré propone que entonces hay dos etapas en el proceso de creación, la invención o adquisición del concepto requerido y el uso novedoso de este concepto, que genera alguna *nueva idea* en los datos, ya que una vez que se ha adquirido el concepto, de repente el mundo está lleno de éstos, y lo que es más, no solamente debe estar presente la forma específica de la imagen o concepto en la mente del creador, sino que él debe tener una mente preparada para ese tipo de forma, como lo estaba preparado Kepler para una órbita de armoniosas proporciones, la elipse [Rothbart, 2004:100].

Kepler había estudiado una gran analogía analítica específica de la órbita de Marte, llamada la elipse geométrica, conoció a fondo sus propiedades, y las varias consecuencias que siguieron de esas propiedades, como la razón de los semidiámetros. Es de destacarse que por sus estudios posteriores se había convencido de la verosimilitud de una imagen global del universo, por lo que intenta encontrar una forma geométrica regular que corresponda y represente la órbita de Marte en un sentido perfecto [Rothbart, 2004:100].

De esta forma, Rom Harré concluye que la elección prudente de la analogía analítica constituye el principio de descubrimiento de cierta estructura. Entonces la ciencia comienza con lo que se podría denominar la «experiencia común», pero se le añade un modelo analítico y de esta forma se obtiene lo que hasta ahora había sido invisible sin ese modelo, que además estaba fuera de la experiencia. Y así es como se van construyendo los nuevos conceptos en las teorías científicas [Rothbart, 2004:100].

### **Lógica creativa o resolución de problemas**

Si se hacen las siguientes preguntas: ¿Puedo yo ser alguien creativo? ¿existe un método para lograr la creatividad e imaginar conceptos novedosos?, el economista Herbert Simon es uno de los que abre la discusión sobre la posibilidad de una lógica del descubrimiento y, por lo tanto, de una lógica en el surgimiento de una idea creativa [Aliseda, 2004:122-123]. Con él se abren muchas posibilidades de estudiar la creatividad desde sus procesos, comprendiendo, además, que la creatividad no es el resultado de actividades repetitivas, como las del método inductivo, pero tampoco de sucesos fortuitos o *serendipia*, donde no se podría tener un método lógico, como el método de conjeturas y refutaciones de Popper. Una forma de explicar los cambios en las teorías es la que se da a consecuencia de anomalías o hechos sorprendentes, sin que estos últimos sean irracionales.

Estudios más recientes, posteriores a los de Harré y Simon, muestran que tal vez una de las lógicas más adecuadas que explican un hecho sorprendente es la lógica abductiva. Una definición general de la abducción se encuentra en el libro de *Abductive Reasoning* de la Dra. Atocha Aliseda: “Un tema central en el estudio del razonamiento humano es la construcción de explicaciones que nos den un entendimiento del mundo en que vivimos. En general, la abducción es un proceso que invoca la explicación de una observación sorprendente. Un ejemplo típico es la que se da cuando se hace un diagnóstico médico. Cuando una doctora observa un síntoma en un paciente, ella construye hipótesis sobre sus causas posibles, basadas en su conocimiento de las relaciones causales entre las enfermedades y los síntomas...” [Aliseda, 2006a:27].

Lo importante en la abducción es entonces tratar de explicar cómo surge ese hecho sorprendente, que es novedoso o anómalo, y que requiere de explicación. En el caso de que sea novedoso, el fenómeno a explicar es totalmente nuevo y consistente con la teoría, por lo que su explicación se calcula y se incorpora a la teoría por la operación de extensión. En el caso de que el hecho sea anómalo, la operación de revisión es necesaria para incorporarlo. Así, la teoría se revisa de tal forma que su modificación no esté en conflicto con el hecho a explicar y, a continuación, se calcula la explicación y se incorpora a la teoría revisada por expansión [Aliseda, 2006b:8].

Atocha Aliseda en su artículo *Lógicas del descubrimiento científico* afirma que para el filósofo y lógico Charles Sanders Peirce “...el razonamiento abductivo es fundamental en toda pesquisa humana. La abducción juega un papel en la percepción, en donde: ‘La sugerencia abductiva nos viene como un destello’ y también está presente en el proceso general de la invención: ‘Ella [la abducción] es la única operación lógica que incorpora nuevas ideas’” [Aliseda, 2006b:4].

### **Modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi**

De acuerdo con las visiones anteriores, hay autores que afirman que una idea creativa surge por serendipia, que es una búsqueda heurística de resolución de problemas o que existe una lógica del descubrimiento, pero no un acto creativo. Hay quienes, por el contrario, postulan que en realidad no existe una lógica que conduzca al surgimiento de nuevas ideas. Pero hay autores como Mihaly Csikszentmihalyi<sup>10</sup> que postulan que una idea creativa se logra a través de una combinación de elementos, implicando tanto el proceso creador como el producto creativo, y que la socialización es una parte crucial de la creatividad.

---

<sup>10</sup> Mihaly Csikszentmihalyi nació el 29 de septiembre de 1934 en Hungría. Es catedrático y profesor de psicología y educación en la Universidad de Chicago. Ha destacado por su trabajo acerca de la felicidad, la creatividad, el bienestar subjetivo y la diversión, pero es más famoso por su creación de la idea de flujo y por el trabajo que ha realizado durante mucho tiempo acerca de ese tema. Martin Seligman, quien fue presidente de la Asociación Psicológica Norteamericana, describió a Csikszentmihalyi como el más importante investigador del mundo en el tema de la psicología positiva. Es uno de los psicólogos más citados hoy en día en campos diversos de la psicología y los negocios [Csikszentmihalyi, 1998:Portadilla].

Mihaly Csikszentmihalyi cambió la pregunta de qué es la creatividad por dónde está la creatividad. Para él la creatividad existe en la interacción entre el individuo (quien crea las nuevas ideas basadas en el dominio de conocimientos previos), el campo simbólico (que tiene una serie de reglas y procedimientos aceptados por el grupo de expertos) y la cultura (que se conforma del capital cultural en el entorno familiar y comunitario, y se encarga del reconocimiento social): el individuo produce, el campo estimula y la cultura selecciona. Y agrega: “La creatividad es una actividad mental que induce a una idea o acción nuevas basadas en el dominio de los conocimientos previos” [Csikszentmihalyi, 1998:46-47].

Pero la creatividad no se produce dentro de la mente de las personas, sino en una interacción entre los pensamientos de un individuo y un contexto sociocultural, es un fenómeno sistémico más que individual. Para tener algún efecto, la idea debe expresarse en términos que sean comprensibles para otros, debe aceptarse por los expertos del campo simbólico y finalmente debe incluirse en el campo cultural al que pertenece; es muy importante que la idea creativa se acepte socialmente [Csikszentmihalyi, 1998:47].

Csikszentmihalyi afirma que el que se produzca una idea creativa podría ser el fruto de la casualidad, de la perseverancia o de estar en el lugar correcto en el momento oportuno; puesto que la creatividad está constituida conjuntamente por la

interacción entre dominio, campo e individuo, el rasgo de creatividad personal puede ayudar a generar la novedad que modifique dicho campo, pero no es una condición suficiente para ello [Csikszentmihalyi, 1998:41-47].

Una persona no puede ser creativa en un campo en el que no ha sido iniciada. Por enormes que sean las dotes matemáticas que pueda tener un niño, no será capaz de hacer una aportación a las matemáticas sin aprender sus reglas. Pero, aun cuando se aprendan las reglas, la creatividad no se puede manifestar si falta un ámbito que reconozca y legitime las aportaciones novedosas. Es posible que un niño pueda aprender matemáticas por su cuenta si hallara los libros y los mentores adecuados, pero no puede hacer modificación alguna en el campo a menos que así lo reconozcan los expertos, quienes darán testimonio de la utilidad de la aportación. La creatividad no se puede separar de su reconocimiento [Csikszentmihalyi, 1998:47].

Según Csikszentmihalyi, hay diferentes niveles de creatividad: el primer nivel son las personas brillantes que tienen una mente ágil junto con aficiones diversas. El segundo nivel son las creativas, talentosas y diestras; tienen ideas nuevas quizás aisladas, pero no aportan nada al cambio en la forma de pensar de la cultura. Y el tercer nivel son las denominadas personalidades de mente creativa, cuyas aportaciones han cambiado paradigmas, han influido en la cultura y cruzan las

fronteras de un campo simbólico en un mundo cada vez más especializado, establecen conexiones con ramas adyacentes del conocimiento para enriquecer la cultura y mejorar la calidad de vida, y se les conoce como personas socialmente creativas. Ejemplo de ellos son Leonardo da Vinci, Albert Einstein o Wolfgang Amadeus Mozart [Csikszentmihalyi, 1998:43-44].

### **Conclusión del capítulo**

La creatividad se estudia desde diferentes posturas y modelos que explican desde el proceso, es decir cómo es que surge una idea creativa, hasta el producto creativo en sí. Para llegar a explicar en forma general lo que es creatividad, se la ha investigado desde tres grandes rubros que engloban tanto el proceso como el producto, así tenemos que un primer aspecto de la investigación en creatividad es el que se dedica a estudiar a las personalidades de creadores excepcionales. Algunos investigadores han cambiado su atención a la aproximación cognitiva, estas investigaciones están basadas en la psicología cognitiva y están enfocadas en los procesos mentales internos que ocurren, mientras la gente se compromete con el comportamiento creativo. Y por último, está la aproximación cognitiva que fue complementada por la emergencia de una tercera etapa, la aproximación sociocultural, una aproximación interdisciplinaria que se enfoca en los sistemas sociales creativos: grupos de personas en los contextos sociales y culturales [Sawyer, 2012:4].

Esta tercera etapa incluye la investigación hecha por sociólogos, psicólogos, antropólogos, historiadores y otros. Es en esta etapa a la que pertenece Mihaly Csikszentmihalyi (cuyo modelo de creatividad es el que utilizaré en el siguiente capítulo) y que aunque él también hace estudios de personalidades creativas de forma individual, es uno de los más representativos de esta etapa sociocultural debido a la postulación de su modelo en el que involucra al individuo, a la cultura y al campo simbólico.

La creatividad está ligada a la innovación y al éxito de un producto de divulgación de la ciencia y en especial a los MCC; en palabras del investigador Rafael Gómez Alonso, “los museos son los espacios destinados a mostrar creatividad” [Gómez Alonso, 2003:16] y además, “la creatividad va a ocupar cada vez más un lugar de mayor importancia, porque ésta será la encargada de desarrollar los fines del desarrollo museístico así como la propia comunicación” [Gómez Alonso, 2003:16]. La creatividad hoy en día es uno de los rasgos que más interesan a los investigadores, porque al parecer es esta característica la que hace que los miles de visitantes de los MCC, se sientan atraídos y pasen en estos lugares muchas horas de diversión, comprensión y aprendizaje informal.

En la literatura se pueden encontrar diferentes clasificaciones de los MCC basadas en características tan diferentes, que en realidad no se puede tener una conclusión contundente acerca de cuál de ellos es el mejor o en qué aspecto. Pero para saber qué es lo que hace que un MCC sea un medio idóneo para divulgar los conocimientos científicos, es quizá estudiarlo desde el punto de vista de la creatividad, con la intención última de llegar a una clasificación basada en esta característica. Ya que podría pensarse que el término creatividad es solamente aplicable a aquellos productos o acciones humanas que están más ligados al arte que a la ciencia, pero como posteriormente señalaré, los MCC pueden ser vistos como espacios creativos, ya que lo que se exhibe es producto de transformar un concepto de ciencia, por ejemplo, en un dispositivo interactivo, y al realizar esta labor los creadores se enfrentan a un gran reto, además disponen de una diversidad de multimedios que hacen todavía más compleja y creativa la forma de transformar esos conceptos en exhibiciones para que las entienda el ciudadano común.

Siguiendo con esta idea en el siguiente capítulo se analizará un MCC, que de acuerdo al modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihaly, resultó ser el más creativo desde el origen de los MCC y se entenderá la importancia de analizarlo en función de esta característica, para comprender mejor por qué este museo se convierte en uno socialmente creativo y qué aportaciones ha proporcionado a los demás MCC.





## orientation map



## what's going on today?

### Drawing Board Demonstrations

**Demo 1** second floor  
An interactive pendulum makes beautiful designs you can take home.  
Drawing Board: 11:00 a.m. - 3:50 p.m., ongoing.  
Ask an Explainer how to sign up.

### Traits of Life Demonstrations

**Demo 2** second floor  
Examine the eye and delve into the life sciences.  
Cow's Eye Dissection: 11:00 a.m. - 3:00 p.m., on the hour.  
Flower Dissection: 11:30 a.m. - 3:30 p.m., on the half-hour.

### Mind Demonstrations

**Demo 4** ground floor  
Ponder the puzzles of attention and consciousness.  
Magic Tricks: 11:00 a.m. - 3:50 p.m., ongoing.  
Philosophical Mysteries: Ask an Explainer.

### Seeing Demonstrations

**Demo 5** ground floor  
Explore the science and wonder of vision.  
Light and Optics: 11:00 a.m. - 3:50 p.m., ongoing | weekends and holidays only.

Capítulo 3  
El Museo de Ciencia  
más Creativo

*Entrando al Exploratorium de San Francisco*, Adriana Elisa Espinosa, 2011.

## Capítulo 3

### El museo de ciencia más creativo

“El individuo ha luchado siempre para no ser absorbido por la tribu. Si lo intentas, a menudo estarás solo, y a veces asustado. Pero ningún precio es demasiado alto por el privilegio de ser uno mismo.”

–Friedrich Nietzsche.

#### **Al encuentro del museo de ciencia que se ha convertido en un modelo a seguir**

Lo primero que se requiere para analizar los museos y centros de ciencia (MCC) en función de la creatividad, es hacer un recorrido histórico para saber cuáles se han considerado los precursores de algún modelo, que sirva de inspiración a productos semejantes posteriores, en un intento para descubrir el surgimiento de tal modelo inspirador.

Analizar el desarrollo de los MCC a través de la historia es darse cuenta de que han cambiado de manera diferente. Justo en el capítulo 1 de esta tesis se hizo un análisis de la transformación de los museos desde el punto de vista histórico, misma que ahora se retoma de manera breve para dar inicio al estudio de la creatividad en los MCC.

A lo largo de la historia, los museos pasan de ser lugares privados (a los que solamente una élite o amigos de los dueños podían tener acceso) a ser instituciones con grandes espacios a los que el público en general (mediante bajos costos o en algunos casos sin tener que dar ningún pago) entra para admirar las colecciones. Curiosamente

también se transformó la forma de mostrar los objetos dentro de los museos, e incluso en algunos casos, como en aquéllos a los que ahora se les llama centros de ciencia, ya no muestran ningún objeto que sea parte de alguna colección de piezas históricas. Algunos museos se diseñaron ex profeso para exhibir ciertas temáticas, pero algunos otros surgieron a partir de alguna pieza científica o tecnológica históricamente notable, que por su gran tamaño en lugar de colocarla en algún museo ya establecido, se convierte en una exhibición por sí misma y lo que se hace es construir un pequeño museo adjunto; tal es el caso del *Museo del Acero* que pertenece al *Centro Interactivo de Ciencia y Tecnología “Horno<sup>3</sup>”*, ubicado en lo que era *La Compañía Fundidora de Fierro y Acero de Monterrey*, en el estado de Nuevo León, México<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Esta Fundidora, como se le conoce comúnmente, era conformada por 3 hornos altos y departamentos de laminación, fundición, maquinaria, tornillos y remaches, estructuras y fuerza motriz. Al cierre de la empresa, el gobierno federal otorgó al gobierno del estado de Nuevo León las 130 hectáreas de terreno que ocupó la Fundidora, con el propósito de crear un espacio verde en donde también se realizaran museos y parques temáticos, así como un Centro de Negocios.

También se ha transformado la forma de adquisición del conocimiento y, en consecuencia, ha habido una especialización cada vez mayor de todos los temas estudiados por la humanidad. La ciencia no se ha quedado atrás, y así como se ha logrado una mayor especialización de todos los temas y subtemas con el paso de los años, también lo han hecho los MCC. Al principio, los primeros museos albergaban todo tipo de objetos, tanto naturales como artificiales, y no se mostraban con un orden específico. Más adelante comenzó una división entre los lugares que mostraban colecciones de objetos de la naturaleza y los que mostraban obras de arte. Pero muy pronto comenzó otro tipo división, ya que nuevos lugares empezaron a mostrar animales vivos, otros exhibían plantas, otros solamente objetos naturales no vivos, como animales disecados, rocas o fósiles, además de los que mostraban solamente los objetos artificiales que el hombre había construido para resaltar su poder de controlar la naturaleza. Así que algunos museos servían para exhibir el poder que el hombre tiene sobre su entorno, pero también cambió sustancialmente lo que los museos buscaban lograr en los visitantes: se pasó de tener templos dedicados a la veneración de musas que servían de inspiración al hombre, a tener museos en donde lo que importaba era preservar y resguardar los objetos valiosos que conforman el conocimiento de la humanidad.

Debido a las crisis ocasionadas por las guerras, cuyo impacto se veía reflejado en muchos aspectos sociales pero también en una importante baja en las matrículas científicas de las diferentes

universidades, por creer que la ciencia contribuía al objetivo bélico, algunos MCC se crearon para favorecer vocaciones científicas. Con este tipo de museos también se crearon los que mostraban el desarrollo de la ciencia de cierto país para enfatizar su progreso y mostrar todos sus avances científicos. Algunos de ellos se convirtieron en centros de investigación y a algunos otros se los ve ahora como medios de aprendizaje informal, que proporcionan experiencias educativas a los visitantes; también se los reconoce como medios que pueden servir para popularizar los más recientes descubrimientos de la ciencia y para promoción de la cultura científica, así como para aumentar la conciencia del papel que tiene el hombre frente a la ciencia y a la tecnología en la sociedad.

La transformación de los MCC no solamente se puede ver en las características físicas de los edificios mismos o de los contenidos dentro de ellos, sino también en el tipo de pregunta que un visitante podría hacerse al momento que ingresa a uno de estos fascinantes lugares. Los investigadores canadienses Bernard Schiele, Charles Perraton y Louise Boucher en su libro *Ciel, Une Expo! París: Expo Média* [Schiele, 1991:36] hacen un análisis de las posibles preguntas que un visitante podría tener en mente al momento de ingresar a un MCC y las ubican históricamente como si los museos hubieran cambiado en una forma lineal; también estos investigadores arrojan una luz al analizar el hecho de cómo se ha transformado la forma en que los MCC muestran sus contenidos y cómo logran ser entendidos por los visitantes.

De esta forma, Schiele *et al* relacionan los museos de la antigüedad y hasta los ubicados antes del Renacimiento con la pregunta de ¿qué hay de interesante? debido al tipo de colecciones que se mostraban y que además causaban un gran interés en el público por saber qué es lo que había de nuevo en la naturaleza y que podía encontrarlo en esos lugares. A los museos ubicados a finales del Renacimiento, que alcanzan hasta la primera mitad del siglo XX los relacionan con la pregunta ¿de qué se trata esto? refiriéndose al tipo de exhibiciones que ahora eran más que nada artefactos artificiales hechos por el hombre. Para los museos ubicados en la segunda mitad del siglo XX, justo en la era del desarrollo industrial, las preguntas que se relacionan son ¿qué es lo que quiere decir? ¿quién soy? refiriéndose a qué es lo que la ciencia y la tecnología tratan de decirnos y cuál es el papel que un ciudadano tiene frente a la ciencia. Y la última clasificación se refiere a los MCC que se han creado a partir de 1950 y hasta la actualidad, con la pregunta ¿cómo funciona? ¿qué ocurre aquí? debido a que los museos cobraron una nueva modalidad, que es la interactividad que se puede tener con las nuevas exhibiciones que se hicieron para ya no sólo ser admiradas y veneradas, sino para ser tocadas y manipuladas por los visitantes.

La forma más común de clasificar a los museos es por su filosofía, contenidos, presentación de temas, objetivos y relación con el usuario, mismas que se han difundido enormemente en la literatura. Pero la que más se presenta en los trabajos de investigación es la clasificación que se hace por generaciones, que toma en cuenta algunas de las características antes mencionadas y que podría resumirse de la siguiente manera: En los museos de primera generación hay una participación pasiva del visitante, son de corte expositivo; en los de segunda generación hay un rol menos pasivo del visitante, son de corte demostrativo, muestran el funcionamiento de las cosas; los de tercera generación contienen colecciones de ideas y principios científicos más que de objetos, hay una participación activa del visitante, son de carácter interactivo, cuentan con tecnologías modernas y tienen enfoques lúdicos; y los de cuarta generación incentivan una participación creativa del visitante, la experiencia es definida por el usuario y contienen exhibiciones de final abierto [Hernández Carbajal, 2014:47-52].

Tratar de clasificar los MCC es una tarea bastante ardua y tal vez se llegue a contradicciones ya que su transformación no ha sido lineal, algunos podrían cumplir los requisitos y repetirse en varias categorías. Muchos autores han clasificado a los MCC desde diferentes perspectivas, tanto históricas como conceptuales y lo que llama la atención es que en todas las clasificaciones siempre hay un museo involucrado que es justo el que inicia otro tipo de tendencia en los MCC de principios de los años 70 y hasta ahora, el “*Exploratorium: the museum of science, art and human perception*”<sup>2</sup> que más que un museo de ciencia, arte y percepción humana es un museo de “la conciencia humana”, que combina arte y ciencia mientras anima al juego y a la experimentación, con un sentido de alegría y asombro. Razón por la cual su éxito inspiró una transformación radical en los museos alrededor del mundo [Cole, 2009, prólogo por Murray Gell-Mann].

---

<sup>2</sup> Una de las mayores diferencias entre un museo y un centro de ciencia es que este último contiene únicamente exhibiciones y equipamientos, pero no una colección de objetos antiguos como las que hay en un museo. En la actualidad se usa la palabra museo para denotar tanto al centro como al museo de ciencia y, debido a que en el nombre completo está involucrada la palabra museo, en lo sucesivo lo denominaré simplemente como: El *Exploratorium*.

Este museo en particular, el *Exploratorium*, debe haber tenido su origen en la inspiración de otros MCC. Este museo se ha caracterizado por contener una gran cantidad de equipamientos interactivos dentro de sus instalaciones y por causar una atracción con tiempos muy prolongados de los visitantes hacia las exhibiciones, que se hicieron para ser manipuladas por cualquier persona. Pero las preguntas claves son: ¿Cómo surgió un museo tan peculiar como el *Exploratorium*? ¿qué lo hace ser un museo diferente de los demás? ¿por qué los visitantes se quedan maravillados con sus exhibiciones? ¿cómo se convirtió en un museo inspirador para la creación de los nuevos MCC del mundo? Estas y otras cuestiones las abordaré a continuación.

Si se le preguntara a Margaret Boden por el origen de un MCC como el *Exploratorium*, seguramente afirmaría que así como “la creatividad no puede surgir de la nada y tiene que ser más que simplemente algo nuevo” [Boden, 1994] el *Exploratorium*, como un producto creativo, tendría que haber surgido de la inspiración de otros modelos de MCC. Y justamente para saber cuáles fueron esas inspiraciones, a continuación se presenta un recorrido de cómo se creó este singular museo, sobre todo, para ver si es posible reconocer el modelo que haya servido de inspiración a MCC posteriores.

### **Origen del *Exploratorium*, el museo de ciencia, arte y percepción humana**

Aproximadamente a las 5 de la mañana del 18 de abril de 1906 un terremoto comenzó a sentirse en los alrededores de la falla de San Andrés. San Francisco, con sus casas estilo victoriano, fue una de las ciudades más afectadas del estado de California, la cual no solamente fue devastada por el sismo de 7.8 grados en escala de Richter, sino que un incendio le sucedió y provocó una gran catástrofe, tal vez la más grande que los Estados Unidos de América había sufrido hasta entonces. La ciudad fue reconstruida rápidamente y nueve años después, en 1915, celebró su feria mundial llamada *Panama-Pacific International Exposition*, en la que se festejaba la apertura del canal de Panamá y el renacimiento de la ciudad de San Francisco, que después de los devastadores sismo e incendio, habían dejado a la ciudad en ruinas en 1906. Uno de los 10 lugares principales donde tuvo lugar esta exposición, fue en un edificio diseñado por el arquitecto Bernard Maybeck al que llamó *Palacio de las Bellas Artes*. Fue un palacio que Maybeck diseñó para inspirar la contemplación artística y crear alrededor un ambiente romántico y lleno de quietud con su estilo romano.

A pesar de que el *Palacio de las Bellas Artes* fue construido para durar menos de un año, la población de San Francisco decidió conservarlo, por lo que se reconstruyó en 1964, ya que para 1940 el palacio estaba prácticamente en ruinas. Con el tiempo fue una estación de bomberos, albergó exhibiciones de arte, fue bodega de los directorios telefónicos del área, sirvió como cochera de carros de la armada y de limusinas, sirvió como hangar de aeroplanos y hasta llegó a tener unas 18 canchas de tenis en su interior [Cole, 2009:4]. Pero pronto volvió a desocuparse, y a partir de 1969 alojó un nuevo tipo de museo de ciencia, *el Exploratorium*, *el museo de ciencia, arte y percepción humana*.



*Vista frontal del Palacio de las Bellas Artes de San Francisco, Adriana Elisa Espinosa, 2012.*

Hablar del origen de este museo es hablar de su creador, el Dr. Frank Oppenheimer, pero si Mihaly Csikszentmihalyi leyera este trabajo, pondría una objeción y comentaría que productos creativos, como el museo *Exploratorium* no se crean solamente en la mente de una sola persona, ya que en palabras de Csikszentmihalyi “la creatividad existe en la interacción entre el individuo (quien crea las nuevas ideas basadas en el dominio de conocimientos previos), el campo simbólico (que tiene una serie de reglas y procedimientos aceptados por el grupo de expertos) y la cultura (que se conforma del capital cultural en el entorno familiar y comunitario, y se encarga del reconocimiento social): el individuo produce, el campo estimula y la cultura selecciona. Así que el proceso de generar una idea creativa no surge dentro de la mente de las personas, sino en una interacción entre los pensamientos de la persona y un contexto sociocultural; es un fenómeno sistémico más que individual. Para tener algún efecto significativo en la sociedad, la idea debe ser comprensible para otros, aceptarse por los expertos del campo simbólico y finalmente incluirse en el campo cultural al que pertenece; es muy importante que la idea creativa sea aceptada socialmente” [Csikszentmihalyi, 1998:41-47].

De acuerdo con Csikszentmihalyi, entonces no solamente se tiene que hablar de Frank Oppenheimer como creador del museo *Exploratorium*, sino de sus colegas que lo ayudaron a fundarlo, del contexto en el que vivió Oppenheimer, así como de sus estudios relevantes y aportaciones tanto a los MCC como a la física y a

la enseñanza. Además se tendrá que explicar por qué este museo ha causado gran interés entre los expertos que lo han calificado como el mejor MCC jamás creado hasta nuestros días (ver la figura 3.1).



Figura 3.1.-Diagrama que muestra el modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi aplicado al *Exploratorium* [Espinosa Contreras, 2012]. El diagrama original se encuentra en [Csikszentmihalyi, 1999:315].

## **El individuo: el Dr. Frank Oppenheimer, pensador original, explorador intrépido, maestro creativo e insistente...**

Frank Friedman, el menor de los hermanos Oppenheimer, nace en la ciudad de Nueva York el 14 de agosto de 1912 dentro de una familia de clase media. Pasó los primeros años de su vida en un departamento que se situaba en el piso número once de un edificio ubicado en el área residencial de Riverside Drive, desde donde se podía ver el río Hudson, decorado con finos muebles europeos, pinturas de Vuillard, Van Gogh y Derain, y rodeado de una atmósfera tranquila, de buen gusto y con una educación ortodoxa. Desde niño, Frank tuvo un acercamiento con el arte y las ciencias, visitaba frecuentemente algunos museos como el *American Museum of Natural History*, el *Metropolitan Museum of Art* y el *Museum of Modern Art*. Desde muy pequeño estudió pintura como su madre, Ella Friedman (quien estudió en París y enseñaba arte en su propio estudio en Nueva York) y la flauta, convirtiéndose en un músico muy bueno bajo la tutela del maestro Barrera; aunque también siguió los pasos de su hermano J. Robert Oppenheimer y decidió estudiar una carrera científica [Alexander, 1997:122-123].

En 1933 Frank obtuvo su título universitario de física en la *Universidad de Johns Hopkins* que se encuentra en Maryland, Baltimore. Frank, al igual que Robert, fue un alumno muy brillante y recibió varios honores, entre ellos el de la sociedad Phi Beta Kappa (sociedad académica de Estados Unidos de América, que celebra y promueve la excelencia en las artes liberales y las ciencias e introduce a los

estudiantes más destacados de estas áreas en las universidades líderes). Esto le permitió a Frank pasar un año y medio en los laboratorios *Cavendish* de la *Universidad de Cambridge*, Inglaterra, y trabajar en el tema de radioactividad natural junto a C. E. Ellis, entre otros prominentes físicos. Tiempo después Frank fue invitado a trabajar en el desarrollo de contadores de partículas nucleares en el laboratorio de física en Florencia, Italia, y otra vez tuvo contacto con muchos de los grandes del campo de la física de la época, incluyendo a Ochialini y Bernadini. En todo este tiempo, Frank continuó tocando la flauta (siendo miembro activo del *Club Bach* en Baltimore), siguió persiguiendo sus intereses en el arte (fue a conocer personalmente algunas de las pinturas de la *Galería Uffizi* mientras estaba en Florencia) y emprendió nuevas aventuras (estando en Inglaterra, ganó una licencia de piloto aviador volando a Gypsy Moth, un avión que ahora se encuentra en el *Science Museum* en Londres, Inglaterra).

A su regreso a los Estados Unidos de América, Frank se casó con Jacquenette Yvonne Quant en 1936. Juntos se unieron al partido comunista en 1937, pero lo dejaron después de 3 años y medio por desilusión. En esa época, Frank pasó 4 años en el Instituto de Tecnología de California (*California Institute of Technology-CIT*) donde obtuvo su doctorado (Ph. D.) con un trabajo sobre la radiación artificialmente inducida. Después se convirtió en asistente de profesor de las materias de introducción a la física y óptica en la *Universidad de Stanford* por dos años, y trabajó con Felix Bloch en física de neutrones al mismo tiempo.

En 1941 Frank comenzó a trabajar en la separación electromagnética de isótopos de uranio con Ernest O. Lawrence en el *Laboratorio de Radiación* de la *Universidad de California* en Berkeley. Frank fue el líder del grupo del proyecto, aquí permaneció 4 años, y su investigación estaba asociada al *Proyecto Manhattan* (dirigido por su hermano Robert). Durante ese tiempo, pasó varios meses en Westinghouse supervisando la manufactura de los dispositivos separadores de isótopos, llamados calutrones y se pasó de 8 a 10 meses en el *Laboratorio Nacional Oak Ridge*, donde él era reconocido por su inagotable energía e ingenuidad.

Frank Oppenheimer se hacía llamar “el tío de la bomba atómica”, debido a que en 1945 fue a Los Álamos para estar a cargo de planear y conducir la primera prueba atómica, en una área desértica al sur de Nuevo México llamada Trinity Valley. A las 5:30 hrs. del 16 de julio de ese año se detonó la primera bomba de impulsión de plutonio, en menos de un mes después se detonó la gran bomba atómica en Hiroshima. Sin duda alguna, esta experiencia le cambió la vida al mundo entero y también a muchos científicos que trabajaron directamente en el *Proyecto Manhattan*. Frank fue uno de ellos, y sus experiencias en Los Álamos lo convencieron de que había que tomar muy en serio el tratar de resolver la brecha que existe entre el científico y el lego, y a partir de entonces se convenció de la importancia de hacer accesibles al público la comprensión y la apreciación de la ciencia. Para comenzar esta labor, Frank se unió a uno de los muchos comités que surgieron a partir de la guerra para tratar de hacer políticas públicas

para el manejo de la energía atómica, este comité se llamó Asociación de los científicos de Los Álamos (*Association of Los Alamos Scientists-ALAS*). Después Frank trabajó en el desarrollo de aceleradores lineales de protones con Wolfgang Panofsky y con el ganador del *Premio Nobel* Luis Álvarez, realizó el primer trabajo experimental sobre el nuevo ciclotrón de 194 pulgadas en 1947.

En 1948, Frank fue a la *Universidad de Minnesota*, mientras enseñaba y hacía investigación sobre rayos cósmicos; concibió y llevó a cabo un experimento que se convirtió en hito: hacer volar globos a grandes altitudes –100,000 pies– para estudiar la radiación cósmica. Los globos llevaban 2 tipos de dispositivos para detectar y caracterizar partículas primarias de rayos cósmicos, una cámara de nubes y una serie de fotoemulsiones. Los datos reunidos sugirieron que los rayos cósmicos venían de las explosiones de las estrellas. Los globos se lanzaron desde un avión de carga al sur de la costa de Cuba y, Frank y su equipo, escalaron a través de la *Sierra Maestra* para recapturar los globos perdidos. Esas aventuras se convirtieron en el tema de uno de sus encantadores ensayos que Frank escribiera a lo largo de su vida.

Pronto, en 1949, Frank fue forzado a renunciar a su puesto universitario como resultado de un acoso por el Comité de la Casa de Actividades No Americanas (*House Un-American Activities Committee*), porque lo acusaban de tener nexos con el partido comunista. Frank sí admite haber tenido nexos con el partido comunista y desde entonces nadie se atrevió a contratarlo. Casi de la noche a la

mañana, cambió de ser un investigador brillante y autor de artículos significativos dentro del área de la física, a convertirse en un ranchero con todo y ganado. Suena algo extraño pero eso fue lo que Frank, su esposa Jackie e hijos (Judi de 9 años y Mike de 6) hicieron cuando se mudaron a un rancho de 380 acres situado cerca de Pagosa Springs en Colorado. Sin embargo, su destierro de la física y de la vida académica en manos de McCarthy no terminó con su carrera de ninguna manera, por el contrario, marcó el principio de nuevas inquietudes.

La pasión de Frank por la excelencia y buena disposición para dar todo de sí mismo a lo que fuera que persiguiera, lo hizo volverse un ranchero exitoso e ingenioso. Contaba con muchas habilidades en la carpintería, plomería y mecánica, y así como era en el laboratorio de física y aun cuando regresó en sus primeros años a Nueva York, fue un experimentador creativo a quien le gustaba hacer sus propias herramientas y encontrar nuevas soluciones. Ahora además de construir una granja y criar su rancho ganadero cerca de Pagosa Springs, Colorado, se convirtió en presidente de la *Compañía de Telefonía Básica Blanco* (Blanco Basic Telephone Company), jefe del consejo para la *Conservación del Suelo* del Condado de Archuleta, y fue elegido delegado representante de la *Asociación de Rancheros* del Condado de Archuleta, ante el Senado de Agricultura y el subcomité de sesiones. Para 1957, Frank se volcó otra vez hacia la educación y en la “High School” de Pagosa Springs comenzó a dar clases de biología, química, física y ciencia en general. No pasó mucho tiempo antes de

que los estudiantes de esta pequeña y desconocida escuela se llevaran los primeros lugares en la *Feria de Ciencia* del Estado de Colorado. Fue un maestro innovador que realmente se preocupó porque los estudiantes se entusiasmaran por el aprendizaje. La forma que tenía Frank de acercarse a la educación científica y transmitirla a los estudiantes ayudó a que ellos pudieran hacer descubrimientos por ellos mismos. Por ejemplo, Frank podía trabajar yendo a un deshuesadero, explorar partes de autos abandonados y poner manos a la obra para saber cómo es que las cosas funcionaban [Alexander, 1997:124].

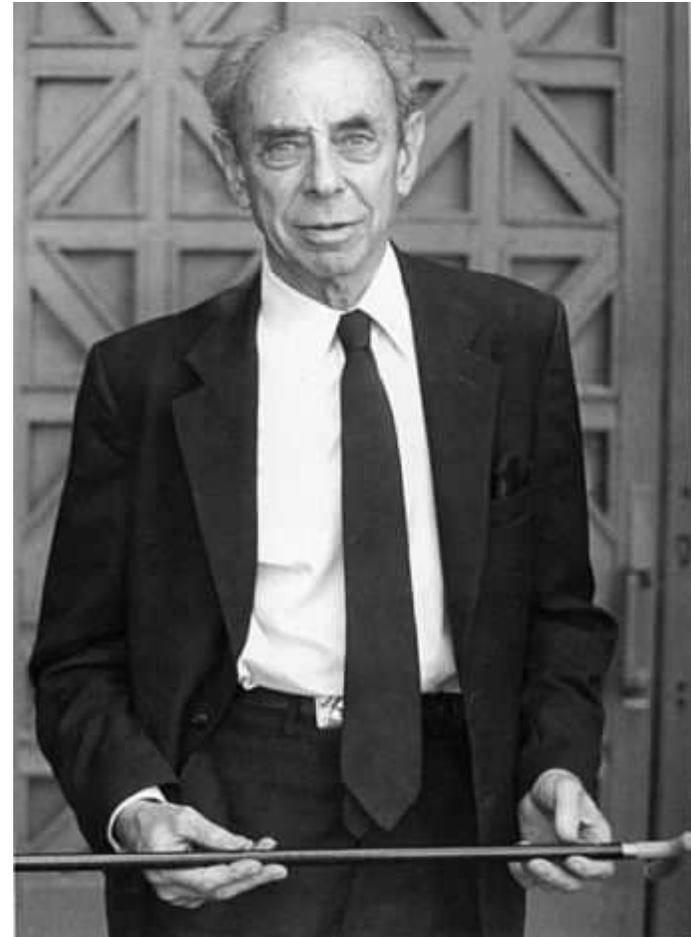
Los directores de las diferentes escuelas de nivel bachillerato y universidades se impresionaron con su trabajo, y le preguntaron si quería enseñar una clase especial de física en la universidad. Así que en 1959, Frank pudo aceptar una cita en la *Universidad de Colorado*, donde regresó ansiosamente tanto a la investigación como a la educación. Inició y dirigió una investigación en física de partículas de altas energías usando una cámara de film de burbuja en el departamento de física Boulder. Este proyecto fue apoyado por la Fundación Nacional de Ciencia (*National Science Foundation*) y después por la Comisión de Energía Atómica (*Atomic Energy Commission*). Frank también estuvo involucrado en el *Massachusetts Institute of Technology-MIT* y ayudó con el desarrollo de los planes de estudio de proyectos de ciencia para escuelas de nivel bachillerato, secundarias y primarias, que fueron apoyados por la Fundación Nacional de Ciencia (*National Science Foundation*) [Cole, 2009:128-132].

Al mismo tiempo Frank se convirtió en una fuerza motriz para mejorar el laboratorio de enseñanza para sus alumnos. Desarrolló un lugar totalmente nuevo para enseñar física llamado la *Biblioteca de Experimentos* donde los estudiantes podían explorar fenómenos a su propio paso y de acuerdo a sus propias inclinaciones. Frank y su colega Malcom Correll ensamblaron su *Biblioteca de Experimentos* en el ático del edificio de química de la *Universidad de Colorado*, con el fin de brindar una enseñanza entusiasta y excitante. Esta biblioteca contenía unos 80 experimentos interactivos que involucraban los cinco sentidos. Su lema era “gira los discos, manipula, cambia los controles, hazlo tú mismo”. Los alumnos pasaban la mayor parte de su tiempo libre en este ático lleno de aparatos sin un orden aparente y comentaban: “qué padre es estar en un museo donde te animan a tocar”<sup>3</sup> [Alexander, 1997:117]. Frank pronto logró considerable fama con el tipo de enseñanza que les brindaba a sus alumnos y junto con su biblioteca de experimentos fue copiado desde entonces en muchas otras universidades. Sus colegas, y en especial el físico Al Barlett, concordaban en que Frank fue uno de los hombres más ingeniosos y creativos que uno podría encontrarse, él solo manejaba y construía todo con sus propias manos, esos experimentos que cubrían los temas de mecánica, óptica, electricidad y magnetismo en realidad eran cosas increíblemente ingeniosas [Cole, 1999:136-138].

---

<sup>3</sup> “How nice to be in a museum when touching is encouraged” [Alexander, 1997:117].

Fue en este periodo, en el que Frank comenzó a concebir un nuevo tipo de museo que más tarde sería copiado por los nuevos y, después también, por los antiguos museos de ciencia.



*Frank Oppenheimer con su bastón, poco antes de su muerte, © Exploratorium.edu, 1985 [Cole, 2009:178-179].*

## La cultura: el dominio de las áreas de la física, la enseñanza y los museos

Para el año de 1965, Frank Oppenheimer comenzó a unir sus intereses por la paz y la humanidad, la investigación científica, la enseñanza, arte e historia, filosofía y museos, y el resultado, unos cuantos años después, florecería en la creación del *Exploratorium, the museum of science, art and human perception*. Pero para poder concebir un museo nuevo, tenía que especializarse en el tema de los museos, tenía que visitar los principales museos de ciencia que le sirvieran de base para la creación de su propio museo y llevar a cabo esta idea de una forma concreta. En esta parte de la concepción de una nueva idea es indispensable obtener la mayor información del objeto de estudio, porque regresando a lo que afirma Boden, una idea creativa debe ser más que algo nuevo y, además, no puede surgir de la nada como lo afirma Harré. Y recordando lo que Csikszentmihalyi postula cuando alguien tiene una nueva idea, es que para que a un individuo se le ocurra algo verdaderamente creativo, debe, en principio, ser especialista en su campo de estudio. Si bien Frank Oppenheimer se especializaba en ciencia y arte, tenía que saber más acerca de los museos para poder concretar su idea de museo de ciencia.

En 1965 Frank recibió una beca Guggenheim que le permitió pasar un año en el *College University* de Londres. Durante este tiempo, tuvo la oportunidad de explorar y estudiar profundamente tres museos de ciencia europeos: uno situado en South Kensington distrito de Londres, Inglaterra llamado “*Children’s Gallery del Science Museum*”, el

*Deutsches Museum* ubicado en Munich, Alemania, y el *Palais de la Découverte* que se encuentra en París, Francia [Alexander, 1997:117-118]. Oppenheimer tomó algunas ideas de los museos que visitó para poder crear el *Exploratorium*, pero hago hincapié en que no copió a los museos explícitamente, solamente algunas de sus ideas que de forma personal utilizó para su propio museo.

Del *Palais de la Découverte*, que es un museo creado en 1937 y se conforma principalmente de grandes salas con demostradores científicos que interactúan con el público, Frank tomó la idea de tener explicadores dentro de su propio museo ya que ellos “usaban la enseñanza como parte de su aprendizaje” [Cole, 2009:141]. Estos explicadores, al igual que los del *Palais de la Découverte*, serían estudiantes, pero a diferencia del museo francés, ellos estarían por todo el museo esperando servir de ayuda a algún visitante que tuviera interés en alguna exhibición en particular o para contestar sus preguntas.

Del *Deutsches Museum*, que se abrió por primera vez en 1906, y que para la época en que Frank lo visitó era el mejor museo de ciencia e industria del mundo, con un inventario de unos 65,000 objetos de los cuales unos 15,000 se encuentran expuestos en las más de 30 secciones del museo, Frank se fijó en sus numerosos experimentos y le gustó que el visitante pudiera ver el trabajo de técnicos y artesanos entre sus exhibiciones, además tenía unos cuantos equipamientos a los que el visitante tenía acceso mediante un botón, donde se mostraba el efecto de

algún principio de física o de química. También le gustaron sus programas de entrenamiento para profesores de escuela durante los veranos y los periodos de términos de la escuela [Cole, 2009:142], [Alexander, 1997:118].

De la *Children's Gallery*, que se abrió en diciembre de 1931 y que pertenece al *Science Museum*, que se fundó en 1857 al sur de Kensington en Londres, con sus grandes salas y galerías, lo que más le llamó la atención a Frank fueron esos equipamientos que al apretar un botón permitían ver un cierto efecto. Los niños adoraban participar expresamente en esa galería ya que podían observar desde cómo funcionaba un elevador hasta lo que sucedía al jalar la palanca de un baño, para ver el mecanismo por el cual hace que salga el agua [Cole, 2009:142].

Frank fue un visitante ávido de museos durante toda su vida y siempre estaba listo para después aplicar prácticas útiles que observaba para su propio museo. Además menciona que recibió ayuda con su proyecto de la *Corcoran Gallery*, *National Gallery* y el *Smithsonian's National Museum of Natural History* de Washington, el *Franklin Institution* de Filadelfia, el *Ontario Science Centre* de Toronto, el *Chicago Museum of Science and Industry*, el *State Art Museum* de Copenhague, una pequeña casa histórica de Vermont y el *Steinhart Aquarium* de San Francisco [Alexander, 1997:118]. Pero Frank no se limitó a recopilar las ideas para sí mismo, sino que las publicó en una serie de artículos desde 1957 y hasta casi al final de su vida, que lo hacen ver como un experto en la construcción de su propio museo.

El primero de esos artículos se llamó *Teaching and Learning* publicado en 1957, en el que Frank relata su experiencia de impartir clases de biología, química, física y ciencia en general en la “High School” de Pagosa Springs en Colorado. En este artículo Frank describe sus motivaciones y objetivos al ser profesor de ciencias, y que fueron los mismos que con el tiempo lo llevaron al desarrollo del *Exploratorium* [Oppenheimer, 1957].

En 1960 Frank publicó el artículo *Living a Fruitful Life* en el que reproduce un discurso que dio a los graduados de la “High School” de Pagosa Springs, esa pequeña escuela en Colorado en la que Frank fue el maestro de ciencias desde 1957 a 1959. Algunas partes de este discurso, en el que Frank describe cómo vivir una vida rica y fecunda, parecen ajustarse particularmente al modo de cómo se muestran las cosas en el *Exploratorium*. Frank presenta sus reflexiones en cuanto a ser profesor y hace énfasis en “cómo presentar las ideas”, “cómo él quiere que las personas entiendan las cosas que le divierten entender” y “cómo él siente un entusiasmo en todo el proceso de enseñanza” [Oppenheimer, 1960].

En el artículo que Frank publicó en 1968, llamado *Rationale for a Science Museum*, hace una justificación de por qué se necesita un ambiente en que las personas puedan familiarizarse con los detalles de la ciencia y la tecnología donde puedan entender fenómenos científicos controlando y observando el comportamiento de aparatos de laboratorio y maquinaria, ya que un lugar así podría ayudar a despertar la curiosidad que está oculta y proveer al menos respuestas parciales de

los fenómenos de la ciencia ahí presentados. Se trata de un artículo en el que presenta también la estructura de lo que sería el *Exploratorium* [Oppenheimer, 1968].

En el artículo *The Exploratorium: A Playful Museum Combines Perception and Art in Science Education* que Frank publicó en 1972, presenta una descripción de cómo el arte y una atmósfera de juegos y exhibiciones de los mecanismos de la percepción humana han ayudado en el desarrollo del museo. En este artículo Frank deja claro por qué lo llama un “museo de corte educativo” [Oppenheimer, 1972].

En 1976 Frank publica dos artículos, en el primero de ellos llamado *Everyone is You... Or Me* explica paso a paso cómo concibe las exhibiciones y la interactividad [Oppenheimer, 1976b]. Y en el segundo artículo llamado *Growing Up in the Arts* describe sus experiencias con el arte y cómo le pueden ayudar a entender más a fondo cómo educar a los demás [Oppenheimer, 1976a].

En 1977 Frank publica el artículo *The Arts: A Decent Respect for Taste* en el que explica desde el punto de vista de ser físico, cómo el arte ha influido en él para entender el mundo [Oppenheimer, 1977].

Dos años más tarde, en 1979, Frank publica el artículo *Aesthetics and the Right Answer* en el que describe cómo en el personal del museo trabajan tanto científicos como artistas, presentando algunas similitudes y diferencias entre ellos [Oppenheimer, 1979].

En 1980 Frank publica dos artículos, el primero de ellos llamado *Adult Play* fue dedicado a su esposa Jackie Oppenheimer, quien murió de cáncer ese año mientras se editaba la revista, en este artículo Frank relata su compromiso con el trabajo y la enseñanza, así como la confusión que se tiene entre el trabajo y el juego cuando se trata de los adultos [Oppenheimer, 1980a]. En el segundo artículo llamado *Exhibit Conception and Design* Frank describe a detalle el diseño de las exhibiciones (que se enfocan principalmente en la percepción humana) y hace notar que tienen la particularidad de enseñarle a la gente, pero sin que se enteren que están aprendiendo [Oppenheimer, 1980b].

En 1981 Frank publica el artículo *Museums, Teaching and Learning* en el que hace una crítica de los museos de ciencia de los últimos 15 años y describe cómo el *Exploratorium* ha contribuido en la mejora de los museos de ciencia con la interactividad como eje principal. Además hace un recorrido de los museos en los que se inspiró para crear su propio museo [Oppenheimer, 1981].

En 1982 Frank publica un par de artículos, en el primero de ellos llamado *Jargon: Second Cousin Twice Removed* describe el lenguaje utilizado en las cédulas del *Exploratorium* [Oppenheimer, 1982b]. En el segundo artículo llamado *Exploration and Discovery* que es la reproducción del discurso de la aceptación del premio que le otorgó la Asociación Americana de Museos AAM, hace un recorrido histórico desde la concepción del *Exploratorium* hasta la creación del mismo y cómo lo percibe hasta el día del discurso [Oppenheimer, 1982a].

Finalmente en 1984, un año antes de su muerte, Frank publica su último discurso en un artículo llamado *The Practical and Sentimental Fruits of Science* en el que habla de la ciencia y lo que el *Exploratorium* ha representado a través de los años [Oppenheimer, 1984].

### **El campo simbólico: los expertos en museos**

El resultado de todas las observaciones, análisis y evaluaciones que Frank Oppenheimer obtuvo de los lugares que visitó, y que además publicó en artículos para diferentes congresos especializados en MCC y en el propio *Exploratorium*, fue el museo de ciencia, arte y percepción humana que comenzó con unos cuantos equipos interactivos y que terminó por convertirse en un museo modelo inspirador de los nuevos y también de los antiguos MCC, provocando que a partir de este museo comenzara una nueva clasificación, la de los centros de ciencia educativos de corte interactivo.

Como en 1969 seguía adscrito a la *Universidad de Colorado*, Frank Oppenheimer tomó un permiso de ausencia (año sabático) de dicha universidad para establecer un museo de exhibiciones interactivas denominadas “hands-on” en el viejo *Palacio de las Bellas Artes* (al que él renombró como *Palacio de las Artes y Ciencia*) en San Francisco, California. El palacio, cuenta con una gigantesca, tenebrosa y oscura sala de unos 9,700 m<sup>2</sup> –1,000 pies de longitud, 40 pies de alto y 120 pies de profundidad– que a partir de septiembre de 1969 alojó un nuevo tipo de MCC: el *Exploratorium, el museo de ciencia, arte y percepción humana*. Cabe destacar que Oppenheimer pagaba a

la ciudad 1 dólar por la renta de este inmueble cada año [Alexander, 1997:118].

Frank Oppenheimer abrió su museo con unas 650 exhibiciones interactivas que invitaban al visitante a explorarlas, con el propósito de aprender o reforzar sus conocimientos científicos. Este museo es más bien un centro de ciencia y también un laboratorio para el desarrollo del aprendizaje, donde lo principal es la experiencia. Frank combinó la ciencia y el arte creando una cultura de aprendizaje a través de la creación de ambientes innovadores, programas y herramientas, que ayudaron a la gente a nutrir su curiosidad acerca del mundo que los rodea. Los principales temas del *Exploratorium* en un inicio fueron percepción, luz, sonido, ondas, resonancia, mecánica, electricidad, calor, lenguaje, neurobiología, genética, comportamiento animal, funciones exponenciales, complejidad, matemáticas, entre otros. No era un museo convencional en el que se mostraban objetos y piezas históricas, era un centro de ciencia en el que más bien se mostraban las ideas detrás de los fenómenos científicos.

Al entrar al *Exploratorium* lo que se nota inmediatamente es que no hay divisiones de salas ni caminos trazados, un visitante puede hacer su propio recorrido entre las exhibiciones, pero el que haya un aparente desorden entre los dispositivos interactivos no quiere decir que estén ahí puestos al azar. Frank trazó en su mente una conexión de conocimientos que se verían reforzados por los equipamientos distribuidos en las diferentes zonas, pero sin que el visitante pudiera darse cuenta de ello. De esta forma hay zonas donde lo que se

refuerza es determinado concepto científico en un ambiente interactivo familiar, y lo principal es que el visitante pueda entablar una comunicación acerca de la exhibición junto con algún acompañante, ya fuera familiar o desconocido, para reflexionar sobre lo ahí mostrado. Tanta era la preocupación de Frank porque todos entendieran los principios científicos que dentro de su museo instaló también el taller, donde los visitantes pueden darse cuenta de cómo se construyen las mismas exhibiciones para así poder formar parte de su diseño.

Pronto este museo comenzó a tomar renombre por su peculiar forma de exhibir y mostrar los conceptos científicos, por instalar talleres para profesores para que ellos enseñaran de una forma más amena y divertida (parecida más a un laboratorio que a un salón de clases), por la forma en que los explicadores participaban con los visitantes, por realizar estancias de investigación para artistas y diseñadores de exhibiciones dentro de su museo, por contar con un personal diverso como científicos, artistas y estudiantes quienes en conjunto realizaban las nuevas exhibiciones interactivas, por sus cédulas<sup>4</sup> sencillas y en las que solamente contenían dos secciones, “lo que hay que notar” y “la explicación de lo que pasa”, por sus publicaciones como los famosos “libros de cocina” donde se pretendían dar los planos e instrucciones

---

<sup>4</sup> Cabe destacar que todo el diseño museográfico, incluido el de las cédulas, estuvo a cargo de Jackie (quien fue la directora del departamento gráfico del museo), esposa de Frank Oppenheimer y cuyo trabajo fue más que nada transformar el complejo lenguaje de la ciencia en un lenguaje más accesible, atractivo y entendible por los visitantes [Alexander, 1997:124].

para poder reproducir las exhibiciones en cualquier otro lugar y por un sinnúmero de características que lo llevaron a ser el mejor museo de adquisición de experiencias y aprendizaje informal de la época. En palabras de Edward P. Alexander “por todo esto y más, Oppenheimer tuvo éxito en comenzar un nuevo tipo de museo que continuó haciendo innovaciones y que pronto construyó un público de seguidores entusiastas; se dio a conocer a nivel nacional e internacional como el líder progresista y pionero del campo de los museos de ciencia y tecnología” [Alexander, 1997:122].

De esta forma este museo se convirtió en modelo a seguir por diferentes MCC alrededor del mundo, una de las primeras instituciones que se inspiraron en el *Exploratorium* fue el *Cité des Sciences et de l'Industrie* de París que comenzó como un proyecto alrededor de 1979. Sus promotores viajaron alrededor del mundo para conseguir ideas de lo que estaba disponible, y ellos se interesaron particularmente en el *Exploratorium*, donde pasaron algún tiempo en compañía del mismo Frank Oppenheimer [Zana, 2005:4]. Pero si bien la *Cité des Sciences* a la vista es muy diferente del *Exploratorium*, la idea de la interactividad como la concebía Frank Oppenheimer fue lo que muchos museos tomaron principalmente como modelo a seguir, así tenemos que el *Science Museum* de Londres construyó una sala llamada *Launchpad* con algunas exhibiciones que se encuentran en el *Exploratorium*; el museo *CosmoCaixa* de Barcelona también tiene su sección *Exploratorium*; el *Palais de la Découverte* tiene una sala llamada *Eureka* en la que explícitamente agradece al *Exploratorium* por la



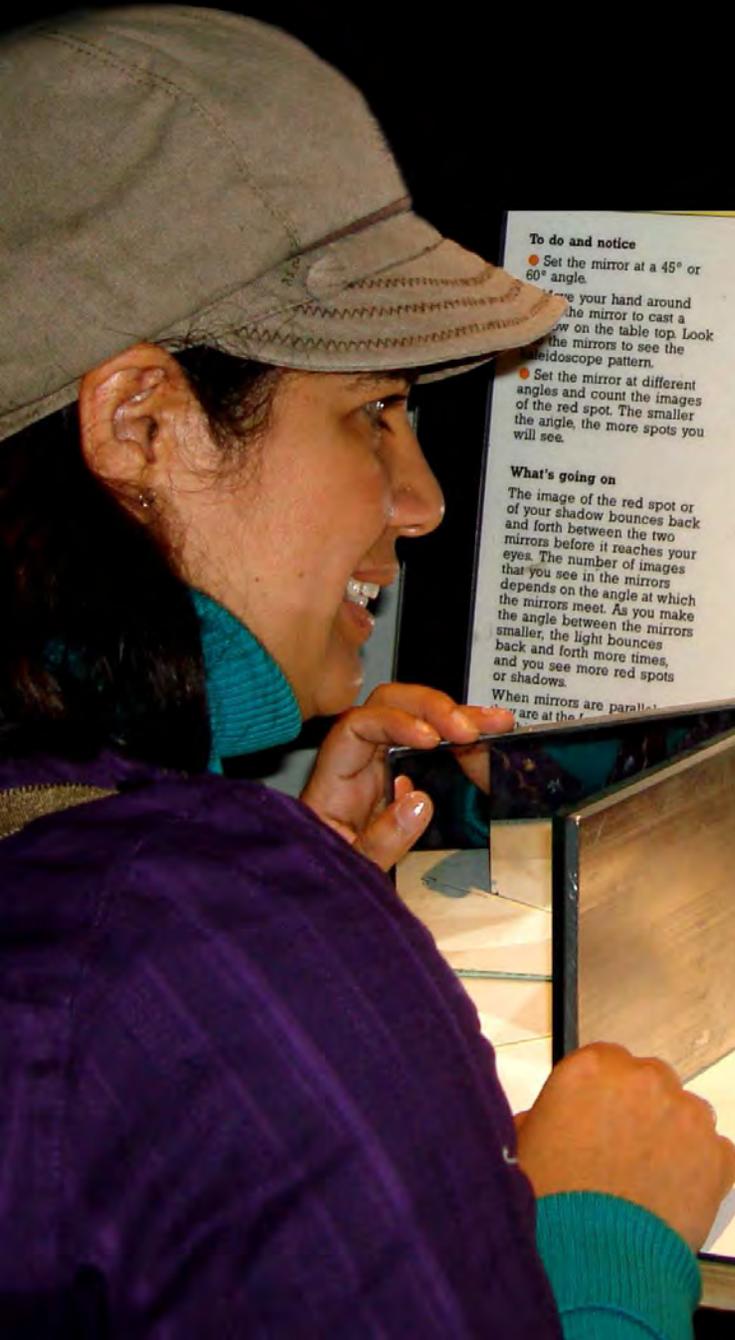
## Conclusión del capítulo

Con la ayuda del capítulo 1, donde se presentó el desarrollo histórico de la transformación de los museos hasta llegar a los centros educativos de ciencia de corte interactivo, se venía perfilando que el museo *Exploratorium* era el museo que había marcado la última época de los MCC, teniendo la característica de contar exclusivamente con exhibiciones interactivas en lugar de colecciones de objetos antiguos. Pero es con el modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi que se constató que efectivamente este museo ha sido el más creativo de los últimos tiempos.

Al investigar el origen del *Exploratorium* se concluyó que no pudo surgir de la nada, así que al aplicar el modelo de creatividad de Csikszentmihaly se pudo observar cómo el Dr. Frank Oppenheimer, quien fue el que tuvo la idea de crear este gran museo, se inspiró en otros museos como el *Palais de la Découverte* de París, la *Children's Gallery* del *Science Museum* de Londres y el *Deutsches Museum* de Munich. También en el aspecto de la cultura se pudo observar cómo Oppenheimer efectivamente era especialista en áreas tan diversas pero a la vez tan significativas como la física, el arte, la enseñanza y los museos. Y por último en la parte del campo simbólico se puede notar la importancia

que ha tenido la creación de este museo para el mundo y para los nuevos museos y centros de ciencia. Este capítulo finaliza con el modelo *Exploratorium*, el cual en forma gráfica se muestra un resumen de los elementos principales que lo llevaron a su creación junto con sus características principales, que lo hacen ser el museo de ciencia más creativo de todos los tiempos.

En el siguiente capítulo veremos la importancia de evaluar la creatividad en este tipo de productos de divulgación de la ciencia, para tratar de entender cuáles son los elementos necesarios para poder crear salas de exhibición o museos completos, sin imitar las exhibiciones que fuera de contexto puede ocasionar que no cause un impacto tan grande como las que se encuentran en el *Exploratorium*, sino para tratar de saber qué es lo que se necesita para crear nuevas y mejores formas de exhibir. Además de constatar que efectivamente este museo se logra consolidar como un modelo inspirador para otros museos y centros de ciencia.



**To do and notice**

- Set the mirror at a 45° or 60° angle.
- Move your hand around the mirror to cast a shadow on the table top. Look through the mirrors to see the kaleidoscope pattern.
- Set the mirror at different angles and count the images of the red spot. The smaller the angle, the more spots you will see.

**What's going on**

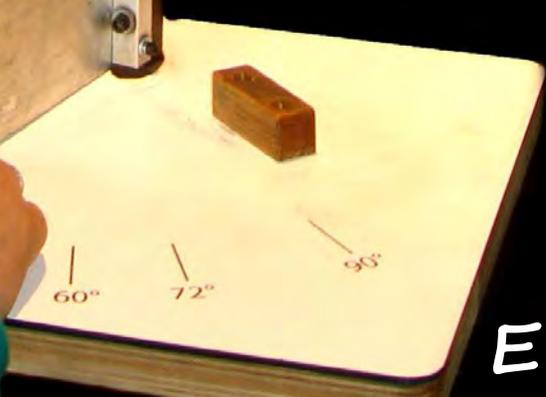
The image of the red spot or of your shadow bounces back and forth between the two mirrors before it reaches your eyes. The number of images that you see in the mirrors depends on the angle at which the mirrors meet. As you make the angle between the mirrors smaller, the light bounces back and forth more times, and you see more red spots or shadows.

When mirrors are parallel, they are at the 0° angle.

LIGHT

# Shadow Kaleidoscope

*This kaleidoscope creates an endless variety of intricate patterns by reflecting the image of the shadow of your hand.*



# Oppenheimer Collection

THE EXPLORATORIUM was the brainchild and passion of Dr. Frank Oppenheimer (1912-1985), who discovered the joys of using inquiry to stimulate minds. The principles under which he founded the Exploratorium 25 years ago as a museum of "science, art, and human perception" are still embodied in the Exploratorium today.



Celebrating 25 Years of Hands-on Education

Capítulo 4  
La Posibilidad de  
Evaluar la Creatividad

*“Caleidoscopio de sombras”, exhibición del Exploratorium, Elisa Contreras Peña, 2011.*

## Capítulo 4

### La posibilidad de evaluar la creatividad

“La finalidad del arte es dar cuerpo a la esencia secreta de las cosas, no el copiar su apariencia.”

–Aristóteles.

#### Introducción

Hasta ahora, con la ayuda del modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi se ha situado en la historia al MCC más creativo de los últimos tiempos: El *Exploratorium* que se encuentra en San Francisco, California. Pero hoy en día ¿son los nuevos MCC creativos e innovadores, o solamente imitadores? ¿hay alguna razón por la cual el modelo *Exploratorium* que se ha venido desarrollando desde principios de los años 70 no ha cambiado en los últimos 47 años? ¿cómo se pueden planear y construir museos tan creativos como el *Exploratorium* sin que se copien sus productos *per se*? Las preguntas anteriores no se pueden contestar con los enfoques, posturas y modelos de creatividad expuestos en el capítulo 2. Para responderlas, se necesitan análisis y evaluaciones de los elementos clave en los diferentes productos para saber por qué, en conjunto, se denominan creativos.

Para poder saber qué características son las que se involucran en algo creativo, recordemos lo que afirman los autores mencionados en el capítulo 2, acerca de que la creatividad es un concepto complejo que involucra varias características: como son novedad, originalidad, innovación,

inteligibilidad, utilidad y la cualidad de ser valiosa. Ahora la cuestión con estas características es si se pueden evaluar productos creativos. No se sabe la respuesta inmediata, hay quienes dicen que no es posible evaluar algo tan complejo como la creatividad, pero considero que a partir de evaluaciones cualitativas y cuantitativas de tales conceptos, se podrán obtener reflexiones profundas que ayudarán a saber más, tanto de la creatividad en sí misma como de sus resultados.

#### La evaluación, una definición

Para empezar a dilucidar cómo se podría evaluar la creatividad, primero comenzaré por abordar el tema de la evaluación en los MCC, describiré las diferentes etapas y su utilidad en las distintas fases del desarrollo de una exhibición museística, entre otras cosas.

Según la Dra. Carmen Sánchez-Mora la evaluación de las exhibiciones inicia con los primeros estudios sobre los visitantes desde mediados del siglo pasado. Estos trabajos han tenido un gran desarrollo a partir de los años sesenta y han sido determinantes en muchos casos del proceso de elaboración de las exhibiciones [Sánchez Mora, 2006:924].

Screven (1993:173) define la evaluación en museos como la apreciación sistemática del valor de una presentación, de una unidad o de una sala de exposición, en función de los objetos educativos y con el propósito de tomar decisiones en cuanto a su pertinencia y a la necesidad de sugerir o realizar cambios tendientes a una mejoría. Este mismo autor es uno de los pioneros en proponer diversas fases de evaluación. Su fin principal es servir de experiencia en la elaboración de futuras exposiciones y su objetivo es conocer sus puntos más representativos así como los más débiles. En consecuencia, este tipo de evaluación ofrece la posibilidad de conocer el impacto que la exhibición ha tenido en el público, definir con claridad el mensaje y, sobre todo, hacer que sea más eficaz al conseguir un mayor grado de comunicación con el público meta [Sánchez Mora, 2006:924].

De esta forma la evaluación, según Screven, es un proceso para obtener información acerca de los visitantes, que en última instancia pueden contribuir a la efectividad de una exhibición y sus componentes interpretativos, ya sea sobre el comportamiento del visitante, sus intereses o la habilidad de comunicación de la exhibición [Screven, 1990:36].

Screven define cinco etapas en el desarrollo de las exhibiciones (ver figura 4.1), pero las fases de evaluación solamente se hacen en cuatro [Screven, 1990:37]:



Figura 4.1.-Etapas del desarrollo de exhibiciones y sus respectivas fases de evaluación [Screven, 1990:37].

1.-Etapa de planeación (evaluación inicial o de planeación): Se consideran los temas, audiencias, metas, mensajes y otras preocupaciones. El objetivo de esta etapa es identificar los conceptos y el nivel de presentación que serán apropiados para el público, aquí es donde se exploran las nuevas ideas que serán presentadas en la exhibición final.

2.-Etapa de diseño (evaluación formativa): Se diseñan y desarrollan los planes, objetos, secuencia, iluminación, señalización, mamparas múltiples, orientación, etc. El objetivo de la evaluación en esta etapa se utiliza para poder percatarse a tiempo de los cambios sustanciales en el diseño y la fabricación de la exhibición que se tengan que hacer.

3.-Etapa de construcción y colocación de las exhibiciones (no hay evaluación en esta etapa).

4.-Lugar de colocación (evaluación sumativa): Deben examinarse el flujo de tráfico, uso del visitante, actitudes, intereses, aprendizaje, efectividad-costo, asistencia, etc. Además del diseño de exhibiciones, se presentan nuevas variables durante la colocación como el público meta, fatiga y ruido que pueden afectar el impacto. Así que la evaluación versa sobre módulos y exhibiciones terminadas.

5.-Etapa de corrección (evaluación correctiva): Se pueden hacer ajustes a la exhibición ya colocada e instalada (vieja o nueva) para corregir problemas post-colocación.

Como se puede notar, la información de los visitantes, o acerca de los visitantes, contribuye directamente a la efectividad posterior de la exhibición que puede obtenerse durante las etapas 1, 2 y 5. La evaluación durante la primera etapa puede ayudar directamente en las decisiones de planeación. La evaluación durante las etapas 2 y 5 son usadas para mejorar los diseños de los componentes de la exhibición o sus apoyos interpretativos [Screven, 1990:37].

Los métodos más populares para la obtención de la información de los visitantes son de distintos tipos y a veces hasta parecen opuestos, pero todo depende de lo que se quiere obtener al final. Así por ejemplo, hay entrevistas que se hacen a los visitantes, y pueden ser completamente estructuradas o también de final abierto; se pueden

realizar conversaciones informales con los visitantes pero también se pueden rastrear sus movimientos a través de las exhibiciones; se pueden hacer cuestionarios que midan el aprendizaje cognitivo, se pueden usar calificaciones de escalas para medir actitudes, hacer observaciones discretas de paradas, tiempo dedicado, uso de la exhibición y otro tipo de reacciones de los componentes de las exhibiciones, entre otras cosas [Screven, 1990:37-38].

La fase de evaluación inicial en la etapa de planeación del desarrollo de exhibiciones toma lugar antes de que comience el proceso de diseño. En esta fase se proporciona información acerca del conocimiento existente y las preconcepciones que tienen los visitantes acerca de los temas de las exhibiciones, sus estilos de aprendizaje, limitaciones de tiempo, actitudes, motivaciones, preguntas sobre el tema a exhibir, marcos de referencia, qué tan familiarizados están con los conceptos científicos, etc. Con los resultados de esta primera evaluación se puede saber el medio adecuado para exhibir un cierto tema así como la estrategia de diseño a seguir. Es en esta etapa donde es necesaria la participación de los visitantes para obtener los resultados de la evaluación [Screven, 1990:39-41].

Pero una vez que se tienen los datos de la evaluación inicial es necesaria una evaluación formativa, que se realiza en la etapa de diseño de las exhibiciones. Los resultados de esta evaluación proporcionan información acerca de las reacciones de los visitantes a los modelos o maquetas que más adelante se convertirán en las exhibiciones. Es importante hacerlas, porque aquí los profesionales

de los museos se dan cuenta de qué tanto los visitantes se enfocan en las exhibiciones y qué tan claro se comunica el mensaje. Así que los resultados de estas evaluaciones sirven para proporcionar ideas específicas, mensajes prioritarios y metas de las exhibiciones o de sus componentes. En esta fase es cuando el equipo de diseño traduce los resultados de la planeación en el contenido específico de la exhibición, estrategias de motivación, dibujos y modelos tridimensionales. Así que durante la etapa de diseño, la evaluación formativa proporciona información acerca de lo que los visitantes hacen, sienten o comprenden cuando se enfrentan con las instrucciones, cédulas, objetos, temáticas, diseños, etc. [Screven, 1990:41].

Hay cinco tareas principales que se realizan en esta fase de evaluación formativa: 1.-Preparación de los materiales de las maquetas o modelos previos a las exhibiciones (dados por las definiciones de las expectativas claras y metas que se obtuvieron en la fase de evaluación inicial). 2.-Observación y prueba de las reacciones de los visitantes, en base a las definiciones, expectativas y metas de los diseñadores. 3.-Ajuste de las maquetas si es necesario. 4.-Prueba de las maquetas con los nuevos ajustes. 5.-Incorporación de todas las características clave de las maquetas al diseño final [Screven, 1990:42].

Una vez que se construye la exhibición y se coloca en el lugar apropiado dentro de la sala de exposición del museo, llega la fase de evaluación sumativa. Normalmente este tipo de evaluaciones se realizan una vez que se inaugura la sala y las exhibiciones se abren al público. Los resultados

proporcionan información general de cómo funcionan las exhibiciones, cómo las utiliza el público, qué es lo que aprenden o cómo los visitantes cambian al interactuar con las exhibiciones. Todo esto con el fin de hacer reportes que ayuden a la planeación de futuras exhibiciones, tener sugerencias e identificar los problemas relacionados a los intereses de los visitantes, usos y aprendizajes que se necesiten corregir durante la quinta etapa de desarrollo de exhibiciones [Screven, 1990:52].

La última fase de evaluación es la correctiva, si bien en la fase de evaluación sumativa se han corregido todos los problemas posibles que un visitante pueda tener al interactuar con una exhibición, no se pueden anticipar los que vienen cuando el visitante interactúa con todas las exhibiciones en una exposición completa. Es ahora cuando la evaluación correctiva toma su lugar de importancia, aquí es cuando se pueden evaluar las posibles distracciones a que los visitantes se enfrentan cuando ya se tiene toda la exposición acabada, los caminos que ellos siguen y que no necesariamente son los que se propusieron en la mesa de diseño, si se fatigan al visitar toda la exposición, si les da hambre y abandonan el lugar antes de tiempo, cómo interactúan con las diferentes mamparas, cómo compiten las diferentes exhibiciones y equipamientos entre sí, la elección de quedarse en uno o en otro, la distancia entre cada uno, las entradas y salidas, si todo en conjunto hacen que los visitantes se vayan deprisa, cómo compiten entre visitantes, cómo comparten la información, cómo impresionan a otros visitantes,

cuánta gente está dentro del espacio, el ruido que se genera, la fatiga psicológica, la sobreinformación, la intimidación frente a los dispositivos, el entusiasmo, etc. Todos son aspectos que no se pueden evaluar en la fase anterior ni tampoco anticipar, por eso es importante evaluar también una vez que toda la exposición se abre al público porque pueden generar impactos tanto negativos como positivos en los visitantes [Screven, 1990:53].

Las diferentes etapas de diseño y evaluación en el desarrollo de exhibiciones dentro de los museos de ciencia han sido ampliamente investigadas y validadas por muchos especialistas, quienes siguen usándolas y complementándolas. Analizar y evaluar los elementos y productos dentro de un MCC es una tarea ardua y requiere de muchas variables con diferentes grados de complejidad, tomando como base las inquietudes y necesidades de los visitantes. Sin embargo, las nuevas investigaciones están dando un giro muy importante al tomar en cuenta aspectos tan complejos como la mediación y los patrones conductuales que se generan entre un guía y la forma en que éste puede facilitar la participación de los visitantes en una exhibición, el papel de los talleres como apoyo para la comprensión del conocimiento científico, el grado de interactividad y los aspectos de creatividad que se encuentran en las exhibiciones [Espinosa *et al*, 2015:1873-1880]. Para lograr esto último es necesario analizar los componentes principales de los MCC dentro de cualquier exposición para lograr obtener una evaluación objetiva de un tema tan subjetivo como es la creatividad.

## **La posibilidad de evaluar la creatividad**

La creatividad es una característica humana muy compleja y que durante mucho tiempo se creyó difícil de analizar y de medir con precisión [Candy, 2009:6]. Sin embargo, hoy en día se le puede estudiar y analizar de una forma objetiva a través de sus diferentes productos resultantes mediante diferentes formas de evaluación. Para lograrlo, el proceso que seguirá será puntualizar qué elementos son susceptibles de ser evaluados, para después proponer una metodología a seguir, escoger la mejor herramienta para analizar los datos e interpretar los resultados y, finalmente, llegar a la propuesta de una nueva forma de evaluar los componentes de los MCC, pero ahora, en función de la creatividad. Lo anterior, con el fin de ofrecer a los profesionales de los diferentes MCC alternativas que ayuden a crear productos originales y tratar de convencerlos de que esto es mejor que comprar o copiar los ya existentes en el mercado. De acuerdo a los capítulos anteriores, se recordará que primero hice un recorrido histórico de los diferentes museos y después un análisis, con la ayuda del modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi, para situar al MCC socialmente creativo que resultó ser el *Exploratorium* de San Francisco. Puede notarse que hacia el final del capítulo 3 se encuentran algunos ejemplos de cómo diferentes MCC han tomado al *Exploratorium* como modelo para crear nuevas exhibiciones, salas y hasta museos completos y después, en la figura 3.2, se encuentra gráficamente tanto su origen de creación como en lo que se convirtió, “un museo modelo inspirador para otros MCC” [Espinosa, 2015:1881-1888].

Pero ¿es suficiente el modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi para responder por qué un producto, como el *Exploratorium*, es realmente creativo en todos sus componentes? Mi respuesta es negativa y, además, considero que se necesitan evaluar tanto al *Exploratorium*, al que llamaré museo modelo inspirador, como a sus derivados (es decir, a todos aquellos productos que no sólo se encuentran en este museo que ahora se tomará como base, sino a aquellos que se exportaron a otros MCC), para lograr identificar los parámetros creativos y las características específicas, para entender tanto su origen, es decir, los diferentes MCC que sirvieron a su vez como fuente de inspiración para crear este gran museo, a los que llamaré museos ancestros, y también para los que lo han seguido, a los que llamaré museos descendientes (ver figura 4.2). Así que, de esta forma, se obtendrá una primera aproximación para conseguir identificar los parámetros creativos.

Ya en el capítulo 2, en la sección de hacia una definición de la creatividad, se lograron extraer algunos rasgos principales que engloban la creatividad, destacándose la originalidad, la novedad, la inteligibilidad y la cualidad de ser valioso y apropiado. En 2012, en un trabajo publicado en el *Segundo Congreso de Alumnos de Posgrado*<sup>1</sup>, hago una propuesta para evaluar

---

<sup>1</sup> El *Segundo Congreso de Alumnos de Posgrado* de la Universidad Nacional Autónoma de México se llevó a cabo del 25 al 27 de abril de 2012, con la participación de más de 1,500 estudiantes y 10 sedes, en 70 mesas de discusión organizadas en 40 temas y 14 conciertos, entre los que destacaron el desarrollo humano, vivienda, tecnologías de la información, cáncer, hasta la divulgación de la ciencia y las artes [Soberón Chávez, 2012:9].

diferentes rasgos creativos y concluí que la creatividad se puede evaluar a través de los siguientes rasgos: novedad, factor sorpresa, expresividad, calidad, factor exploratorio, originalidad, autoevaluación e innovación [Espinosa, 2012].

Para la presente investigación me enfrenté con el problema de cómo llevar a cabo la evaluación de cada uno de los parámetros en un producto de divulgación de la ciencia, como lo es un MCC. Para comenzar se tiene que evaluar y medir de la forma más objetiva posible y después se tiene que abstraer cada uno de los rasgos creativos del producto a evaluar. Así que comencé por los rasgos más característicos de la creatividad, que son la novedad, la originalidad y la innovación. Al buscar en la literatura la forma más adecuada para evaluar estos rasgos me encontré con el *Manual de Oslo: Directrices para la recogida e interpretación de información relativa a la innovación*, en el que no solamente es posible medir estos tres rasgos sino que se dan recomendaciones para tal fin. En su apartado 357 y 359 las recomendaciones van desde recoger información cualitativa de las actividades innovadoras hasta la forma de hacerlo, y una de esas recomendaciones es realizarlo mediante encuestas con el fin de recopilar información que permita identificar todas esas características que ayuden a obtener indicadores objetivos [Sánchez, 2005:98].

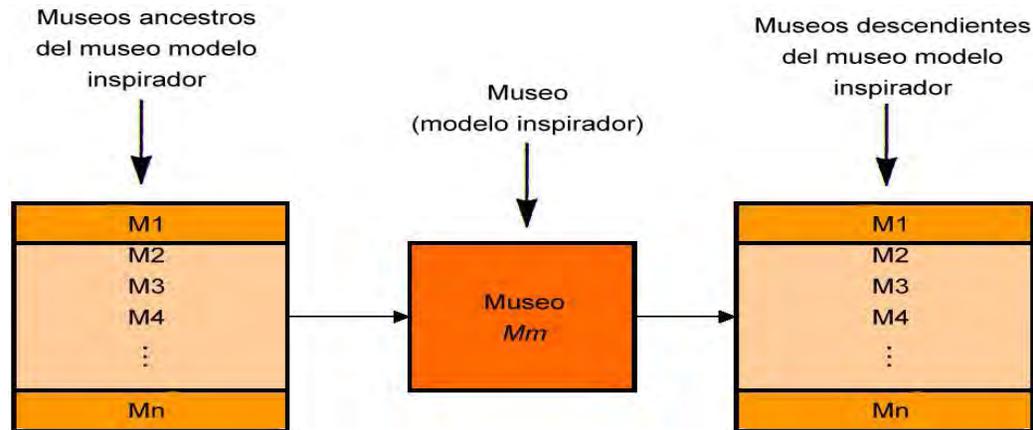


Figura 4.2.-En la que se muestra la guía que utilicé para identificar los rasgos creativos de los diferentes museos y centros de ciencia por Adriana Elisa Espinosa.

### Recopilación de datos para extraer y evaluar los rasgos creativos en museos y centros de ciencia

De acuerdo con el manual de Oslo de la OECD para obtener los parámetros o indicadores de los diferentes MCC, lo que primero se requiere es adquirir toda la información posible que ayude a identificar los rasgos creativos. Para tal fin realicé los análisis de las características de los MCC en tres etapas: primero me enfoqué en el museo modelo inspirador, después analicé las características de los museos ancestros y por último las de los museos descendientes. Se hará de esta forma porque el *Exploratorium* es el museo que resultó ser el más creativo de nuestra época, así que se toma como base de esta investigación, pero como Frank Oppenheimer tomó ideas de tres museos principalmente para la creación del museo, es por lo que también se deberán analizar las características de esos tres museos y por último de los museos que a su vez tomaron como modelo al *Exploratorium*.

Para lograr tal fin, hice un recorrido a través de diferentes museos, realicé un cuestionario con una serie de preguntas que fueron el eje del recorrido museístico para así poder registrar todos los resultados en una bitácora. Al principio no se sabe cuáles preguntas son las adecuadas, pero mientras más preguntas se realicen, mejores categorías se podrán obtener. Así que para cada MCC diseñé después una lista de cotejo de alrededor de 330 elementos que fui evaluando cuando visité los más de 30 MCC en México y en el extranjero, datos que registré en el año de 2011 principalmente. En el Anexo 1 se podrá encontrar cada una de las preguntas que apliqué para cada uno de los museos en el recorrido. En primer lugar comencé a hacer todas las preguntas posibles y de todo tipo, y para tratar de no repetirlas, empecé a hacer diferentes agrupaciones; al final llegué a una clasificación de 15 conjuntos diferentes (ver figura 4.3).

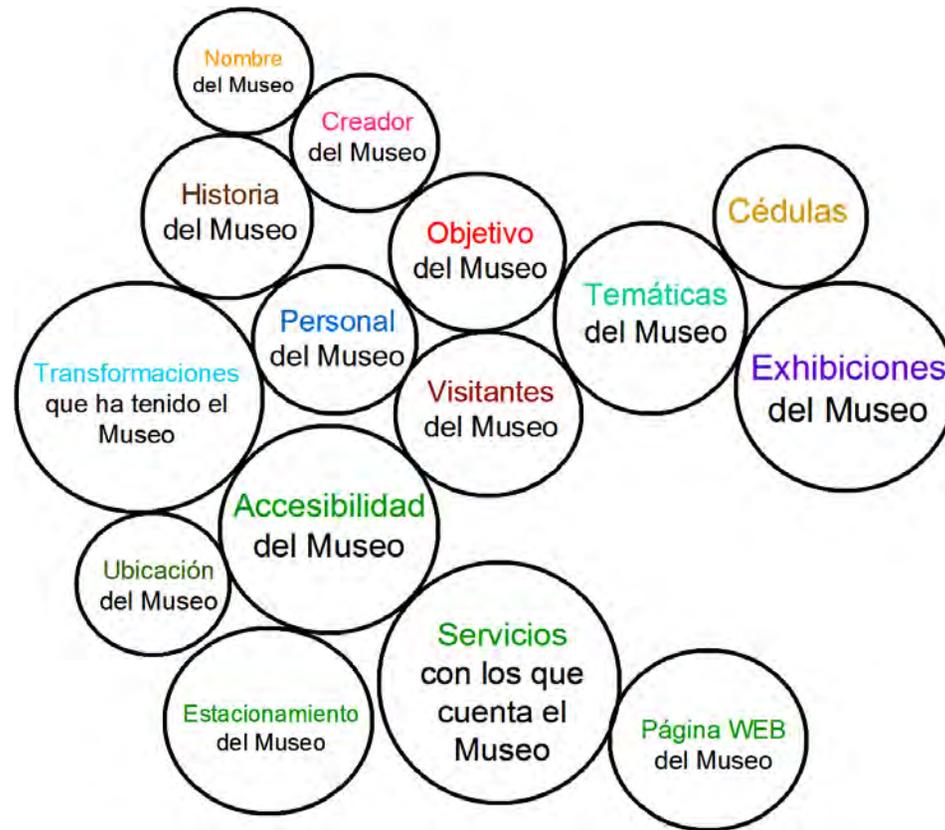


Figura 4.3.-En la que se muestra la clasificación de las preguntas que se respondieron en el recorrido museístico por Adriana Elisa Espinosa.

Para esta tesis en particular, solamente registré los datos de 17 MCC. A los demás los descarté porque algunos de ellos eran museos de historia natural o museos de historia de la ciencia, entre otros (ver tabla 4.4). Si se hace el cálculo de cuánta información se obtiene, solamente con los MCC que al final resultaron útiles<sup>2</sup> para esta investigación (ver tabla 4.4 y figura 4.5), son

<sup>2</sup> Evalué 12 MCC pero 5 de ellos los dividí en salas antiguas y nuevas, por lo que al final los datos analizados fueron de 17 MCC diferentes.

aproximadamente 5,610 elementos, entre respuestas que van de un simple sí-no hasta oraciones subjetivas y objetivas que se vuelven una cantidad inmanejable de datos. Además de que el problema se agranda con la gran cantidad de información cualitativa y cuantitativa recopilada. Por esta razón en la siguiente sección describiré algunas técnicas que ayudan a clasificar y evaluar grandes cantidades de datos de este tipo.

Clave	Nombre del Museo	Año de Apertura y (Año de Análisis)
M1	Exploratorium	1969-(2011, 2012, 2013)
M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	1937-(2011)
M3	Palais de la Découverte (Sala Eureka)	1989-(2011)
M4	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	1903-(2011)
M5	Deutsches Museum (Nuevas salas)	2009-(2011)
M6	Science Museum (Antigua sala de niños)	1931-(2011)
M7	Science Museum (Sala Launchpad)	2007-(2007, 2011)
M8	Heureka	1989-(2007)
M9	Trompo Mágico	2003-(2011)
M10	National Museums Scotland	2011-(2011)
M11	Cité de Sciences (Antigua sala de física)	1986-(2011)
M12	Cité de Sciences (Nuevas salas)	2009-(2011)
M13	CosmoCaixa	2004-(2011)
M14	At Bristol	2000-(2011)
M15	Universum (Nuevas salas)	2010-(2012)
M16	Universum (Antiguas salas)	1992-(2012)
M17	Papagayo	2005-(2012)

Tabla 4.4.-Tabla de registro de los 17 museos y centros de ciencia que se analizaron en esta investigación.



Figura 4.5.-Logos de todos los museos y centros de ciencia que se analizaron en esta investigación.

## **Técnicas heurísticas para el análisis de datos**

Contar con un número muy grande de datos, es un resultado que se vuelve un tesoro muy preciado para el investigador. Pero al mismo tiempo, ante tal situación, no queda claro cómo se pueden ir ordenando esos datos, ni cuáles son los que se convierten en los más significativos. Una forma de ordenarlos es clasificarlos por sus características similares y/o sus diferencias, obtener grupos y ver sus relaciones. Esto es posible hacerlo a mano, pero debido a la gran cantidad de resultados, se requieren de herramientas matemáticas que además de agrupar y clasificar los datos, pueden ayudar a lograr observar relaciones que a simple vista no se podrían obtener.

La clasificación jerárquica de análisis de cúmulos o conglomerados es una técnica que se emplea para el análisis de datos. Es un procedimiento multivariante que busca agrupar objetos (o variables), tratando de lograr tanto la máxima homogeneidad como la mayor diferencia entre los grupos (según se desee) para que el investigador pueda lograr una interpretación ágil de los resultados [Espinosa Velasco, 1998:465].

Estas técnicas son muy empleadas en campos como la astronomía, biología, antropología y también todo tipo de investigación social, y ayudan mucho para hacer un análisis heurístico de la información recabada, permitiendo así clasificar y agrupar los datos por la similitud o parecido que se tengan entre seres vivos, objetos o entidades.

Robert R. Sokal, uno de los precursores e impulsores de la clasificación numérica en biología postula:

“Frecuentemente se afirma que la clasificación es uno de los procesos fundamentales en la ciencia. Los hechos y fenómenos deben ser ordenados antes de que podamos entenderlos, y para desarrollar principios unificadores que expliquen su ocurrencia y el orden aparente. Desde este punto de vista, la clasificación es una actividad intelectual de nivel superior, necesaria para entender la naturaleza. Debido a que una clasificación es el ordenamiento de objetos de acuerdo a sus similitudes... y los objetos pueden concebirse en el sentido más amplio como para incluir procesos y actividades, puesto que sería todo aquello a lo cual pueda asociarse una colección de números que los describan, debemos reconocer que la clasificación trasciende a las tareas intelectuales humanas y es en verdad una propiedad fundamental de los organismos vivos” [Espinosa Velasco, 1998:467].

En ejemplos como los de la astronomía, alrededor del año 1840, cuando se comenzaron a agrupar clases de estrellas a través de sus espectros estelares, los astrónomos descubrieron que los grupos podían ordenarse linealmente pero algunos otros eran de un tipo intermedio, que ocurrían solamente entre aquellos grupos que

fueran contiguos en ese orden. Así que el agrupamiento condujo a descubrir que había una escala unidimensional subyacente, y que los grupos correspondían a vecindades en esa escala. El término escala se refiere a los procedimientos para tratar de determinar medidas cuantitativas de conceptos subjetivos y en ocasiones abstractos. Se define como un procedimiento para asignar números (u otros símbolos) a las propiedades de un objeto, con el fin de impartirles algunas características numéricas a las propiedades de los objetos. La diferencia entre las herramientas de medición llamadas escala unidimensional y multidimensional es que mientras la primera está diseñada para medir un solo atributo de un concepto, un ser vivo o un objeto y, por consiguiente su gráfica es de un comportamiento lineal, la segunda herramienta mide varios atributos o dimensiones de un mismo elemento, así que el comportamiento de un objeto dependerá de varias características y no de una sola [Espinosa Velasco, 1998:468].

Pero cuando los datos están en una escala discontinua o arbitraria, es decir, no son normales, se utilizan otras herramientas de ordenación llamadas escalamiento multidimensional no-métrico, es una técnica multivariante de interdependencia que trata de representar en un espacio geométrico de pocas dimensiones las proximidades existentes entre un conjunto de objetos. Esta herramienta, lejos de ser un modelo matemático que resuelve problemas, es una técnica que tiene un carácter heurístico [Espinosa Velasco, 1998:473].

La palabra heurística está muy relacionada con la palabra eureka (que se definió ya en el capítulo 2 de esta tesis), de hecho comparten la misma etimología. A continuación presento cómo el término técnico “heurística” ha adoptado diversas connotaciones a lo largo de la historia.

La matemática no escapa al uso de la heurística como parte del proceso de investigación. George Polya, distinguido profesor e investigador de la *Universidad de Stanford*, en su libro *Plausible reasoning* afirma que la heurística es aquello que sirve para descubrir. Y al establecerse un enunciado que no ha sido demostrado, dice que el razonamiento que condujo a descubrirlo ha sido solamente plausible, provisional, experimental, heurístico. Así la heurística, dice él, trata de encontrar regularidad y coherencia en las observaciones, y sus instrumentos más conspicuos son la generalización, la especialización y la analogía [Espinosa Velasco, 1998:477]. Polya en otro libro titulado *How to solve it* emplea el término heurística para referirse al estudio de métodos para descubrir e inventar técnicas para la resolución de problemas, especialmente para los relacionados con demostraciones matemáticas [Russel, 1996:101].

Martha Heineman postula que la “heurística es cualquier estrategia para resolver un problema, que parezca un camino que posiblemente nos llevará hacia información relevante, confiable y útil”. Señala también que es una estrategia cuya meta es la utilidad más que la certidumbre. Agrega que el investigador heurístico asume el punto de vista que considera a la vida real como demasiado

compleja, interactiva y dependiente de quien la percibe, como para elaborar análisis comprensivos y buscar soluciones exactas [Espinosa Velasco, 1998:477].

Algunas personas utilizan el término heurístico como opuesto a algorítmico. Por ejemplo, Newell, Shaw y Simon declararon en 1963:

“Cuando un proceso afirma poder resolver un problema determinado, pero no ofrece ninguna garantía de ello, se dice que es la heurística de dicho problema” [Russel, 1996:101].

Conviene notar, sin embargo, que no hay nada aleatorio o no determinista en relación con un algoritmo de búsqueda heurística: procede por pasos algorítmicos hasta llegar a su resultado. En algunos casos no se puede afirmar con seguridad cuántos pasos habrá que emprender en la búsqueda; hay casos, incluso, en los que tampoco se puede garantizar la calidad de la solución obtenida, pero aún así las técnicas heurísticas han prevalecido a lo largo del tiempo en temas como la inteligencia artificial, la matemática y la lógica [Russel, 1996:101].

La matemática define modelos abstractos, y estudia las características de esos modelos. La precisión es su virtud principal. Sin embargo, no es verdad que solamente lo cuantificable es susceptible del tratamiento matemático; de hecho, la matemática estudia la forma en que se estructura la lógica matemática, por ejemplo [Espinosa Velasco, 1998:477-478].

En la práctica muchas veces ocurre que la estadística se usa como una herramienta heurística, principalmente cuando se sabe que los supuestos que la estadística requiere para hacer un uso cabal de sus resultados no son plenamente cumplidos por nuestros datos. Es el caso, por ejemplo, de muchas variables propias de la antropología [Espinosa Velasco, 1998:478].

### **Etapas para el análisis de datos**

Espinosa Velasco (1998:478-507) enlista una serie de etapas para el análisis de datos con las técnicas heurísticas. A continuación describiré solamente las que se utilizarán en esta investigación en particular a manera de metodología a seguir:

1.-Investigación oportuna. En esta etapa es común preguntarse ¿cómo debe buscarse el conocimiento para una investigación de esta naturaleza? Eso dependerá de lo que se quiera encontrar en primer lugar. Se debe hacer una hipótesis preliminar y después registrar los datos en una bitácora o medio electrónico. Para saber cómo contestar al tipo de preguntas que se hacen y qué es lo que se obtendrá, presento a continuación las diferentes escalas de medición que darán un panorama de lo que se puede registrar.

Escalas de medición. Una forma de buscar y obtener datos es por medio de las diferentes escalas de medición o clasificación que se utilizan con más frecuencia. Así se podrá recabar la información, tratando de no mezclarla para posteriormente facilitar la tarea de análisis.

1.1.-Escala nominal. Los valores de una escala nominal pueden compararse únicamente para determinar si son iguales o no lo son, nos indica una relación de identidad. Consiste en clasificar objetos o fenómenos, según ciertas características, tipologías o nombres, dándoles una denominación o símbolo, sin que implique ninguna relación de orden, distancia o proporción entre los objetos o fenómenos. Cuando se utilizan números para representar las diferentes clases de una escala nominal, estos no poseen propiedades cuantitativas y sirven solamente para identificar las clases. Ejemplos de variables descritas con este tipo de escala son:

- El nombre de la revista que lee el entrevistado.
- El nombre del entrevistado.
- El color del pelo de un sujeto.
- La forma de las ramas de un árbol.
- El tipo de material con el que está hecha una silla.

1.2.-Escala ordinal. De los valores de este tipo de escala puede decirse cuál precede a cuál, indica una relación de orden jerárquico. Frecuentemente se describen los valores por medio de números. Ejemplos de variables descritas con este tipo de escala son:

- Lugar del apellido de un conjunto de individuos por orden alfabético.
- El nombre de los hermanos de un individuo, según la fecha de nacimiento.

- El orden de preferencia que un entrevistado tiene de una lista de productos.
- El lugar que un individuo ocupa en la fila a la espera de la compra de un boleto para entrar a algún museo.

1.3.-Escala de intervalo. Esta escala tiene que ser numérica. El origen de la escala es arbitrario y los valores de la escala no tienen significado como medida de la cantidad en que un objeto posee un atributo, pero la diferencia entre los valores de la escala sí tienen un sentido significativo. Así pues, en esta escala no solamente se establece un orden en las posiciones relativas de los objetos o individuos, sino que se mide también la distancia entre los intervalos o las diferentes categorías o clases. Ejemplos de variables descritas con este tipo de escala:

- La numeración de los años del calendario.
- La hora del día.
- La latitud.
- La longitud.
- La temperatura medida en grados Celsius de cada hora durante un mes.

1.4.-Escala de razón. Cuando una escala tiene todas las características de una escala de intervalo y además un punto cero real en su origen, se llama escala de razón. Además de distinción, orden y distancia, es una escala que permite establecer en qué proporción es mayor

una categoría de una escala que otra. Así que esta escala también tiene que ser numérica y con un origen fijo. La diferencia aritmética entre los valores de la escala tiene sentido significativo. Ejemplos de estas variables descritas con este tipo de escala son:

- El número de árboles por kilómetro cuadrado.
- El peso físico de los individuos.
- La estatura de los individuos.
- El ingreso mensual de las familias.
- El porcentaje de agua contenido en diferentes frutas.

2.-Selección de variables. Con el marco teórico se espera que se establezcan cuáles son las variables relevantes al caso en el que se encuadra una investigación. Sin embargo, es frecuente encontrar que una vez recabados y analizados los datos de campo, los resultados se ajustan, corrigen, o eliminan variables o, aun, sugieren otras que no eran previsibles a partir del marco teórico. Las variables que se usarán en investigaciones de esta naturaleza se clasifican por sus propiedades matemáticas en dos grandes grupos, las variables cualitativas y las cuantitativas.

2.1.-Variables cualitativas. Son las que enumeran cualidades y pueden expresarse por ausencia o presencia de cierta característica, pero no es cuantificable. Se pueden distinguir dos tipos:

- Variables dicotómicas. Sólo hay dos modalidades (sí/no, 0/1, hombre/mujer, verdadero/falso, acierto/error).
- Variables politómicas. Hay más de dos modalidades (Ciclo de Primaria: Primero, Segundo, Tercero).

2.2.-Variables cuantitativas. Son las que de hecho se pueden cuantificar o medir; es decir, asignar valores numéricos (por ejemplo la edad). Pueden ser de dos tipos:

- Variables discretas: Son aquellas que no admiten los valores intermedios entre dos estados. Utilizan números enteros (número de hijos, número de visitantes, número de mascotas).
- Variables continuas: Pueden adoptar todos los valores numéricos posibles (edad, temperatura del ambiente).

3.-Codificación de la Tabla de ausencia/presencia con las variables y casos a analizar. Se pueden construir diferentes tipos de tablas para vaciar los datos de la asociación de escalas de medición, casos y variables. Pero para esta investigación en particular se utilizó la llamada tabla de ausencia/presencia. Esta tabla se construye relacionando cada caso ( renglones) con cada una de las variables cualitativas de tipo dicotómicas (columnas) que se han escogido, dando como resultado una tabla como la siguiente:

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
M1	1	0	0	1	0	1	0	0
M2	0	1	1	1	0	0	1	0
M3	1	0	0	1	0	1	0	1
M4	0	1	0	0	1	0	1	0
M5	1	0	1	0	0	1	0	1

Tabla 4.6.-Ejemplo de una tabla de ausencia/presencia.

Donde  $M1, M2, M3...$  son los casos y  $V1, V2, V3...$  las variables asociadas a cada caso.

“1” indica la presencia de una variable en un caso en particular y “0” indica su ausencia.

4.-Selección y medición del concepto de distancia por disimilaridad o similaridad. Estos dos conceptos se utilizan al aplicar un escalamiento multidimensional o construir una clasificación jerárquica de un determinado conjunto de objetos o casos. Se construye pues una tabla numérica que mida o estime, la semejanza entre dichos objetos o casos. La disimilaridad o similaridad entre los casos es precisamente una de esas tablas.

Entonces para un conjunto de casos  $M1, M2, M3,...$  si se desea construir una clasificación jerárquica, se debe aplicar un criterio de distancia.

Formalmente, un coeficiente  $d(x,y)$  definido para todas las parejas de casos de un conjunto como el mencionado, se llama disimilaridad si:

$d(x,y) \geq 0$ , para todos los casos  $x,y$  del conjunto.

$d(x,y) = d(x,y)$ .

$d(x,x) = 0$  para todo caso  $x$  del conjunto.

La última condición implica que si se tuviera un conjunto de casos  $M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7$  y  $M8$ , y si el coeficiente se describe en una tabla como la siguiente sería una tabla cuadrada.

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M1	0				$x_i$			
M2		0						
M3			0					
M4				0				
M5	$x_i$				0			
M6						0		
M7							0	
M8								0

Tabla 4.7.-Tabla cuadrada de matriz de distancias entre casos.

Como se observa, en la diagonal sólo habría ceros, y sería una tabla simétrica ya que el número  $x_i$  que aparece en la celda  $M1$  y  $M5$ , es el mismo que aparece en la celda  $M5$  y  $M1$ , por ejemplo. Por eso, solamente se describirá la mitad de la tabla que se encuentra sobre la diagonal.

La idea de similaridad no ha sido definida tan formalmente y simplemente se entiende como una tabla numérica tal que los valores mayores en ella corresponden a una mayor semejanza de los casos correspondientes, contrario a la de disimilaridad, donde los valores mayores en ella corresponden a una mayor diferencia entre los casos.

En general, ocurre que cada uno de los objetos del conjunto a ser analizado se describe con  $m$  números reales (en el sentido que a esta palabra dan los matemáticos). La notación común para esta situación es  $X=(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_m)$ , donde  $x_i$  para  $i=1, 2, 3, \dots, m$ , son números reales.

Con esta última notación, algunas formas de calcular coeficientes de disimilaridad son:

Coefficiente de Jeffreys-Matusita:

$$d(X,Y)=\left[\sum\left[\left(x_i\right)^{1/2}-\left(y_i\right)^{1/2}\right]^2\right]^{1/2}$$

suma para  $i=1, 2, \dots, m$

Coefficiente de divergencia:

$$d(X,Y)=\left[1/n\sum\left[\left(x_i-y_i\right)/\left(x_i+y_i\right)\right]^2\right]^{1/2}$$

suma para  $i=1, 2, \dots, m$

Si a las tres condiciones de un coeficiente de disimilaridad expuestas antes se le agrega la condición llamada desigualdad del triángulo, que es la siguiente:

$$d(X,Y) \leq d(X,Z) + d(Z,Y) \text{ para toda } X, Y \text{ y } Z$$

se dice que el coeficiente  $d(X,Y)$  es una distancia.

Las fórmulas para calcular una distancia son las siguientes:

La distancia Euclidiana:

$$d(X,Y)=\left[\sum\left(x_i-y_i\right)^2\right]^{1/2}, \text{ suma para } i=1, 2, \dots, m$$

La distancia Manhattan:

$$d(X,Y)=\sum\left|x_i-y_i\right|, \text{ suma para } i=1, 2, \dots, m$$

La distancia  $L^\infty$ :

$$d(X,Y)=\max\left\{\left|x_i-y_i\right|\right\}, \text{ máximo para } i=1, 2, \dots, m$$

La distancia de Minkowski:

$$d(X,Y)=\left[\sum\left(x_i-y_i\right)^p\right]^{1/p},$$

suma para  $i=1, 2, \dots, m; y p > 0$

5.-Selección y aplicación del criterio de agrupación. Existen varios criterios de agrupación pero el que utilicé en esta investigación fue el de conglomerados jerárquicos. Con este método se comienza con los objetos o casos de modo individual; de este modo, se tienen tantos *clusters* (agrupaciones o cúmulos) iniciales como objetos. Luego se van agrupando de modo que los primeros en hacerlo son los más similares y al final, todos los subgrupos se unen en un único *cluster*.

La primera idea que surge cuando se habla de clasificar un conjunto de elementos es la de una familia de subconjuntos, tales que cada uno de esos elementos pertenece a un subconjunto, y solamente a uno de ellos. A una familia de subconjuntos así se

le llama partición. Los métodos de clasificación que construyen una partición para un conjunto de elementos, se les conoce con el nombre de métodos no-jerárquicos.

El término clasificación también se asocia, con frecuencia, con un diagrama como el siguiente, llamado dendrograma:

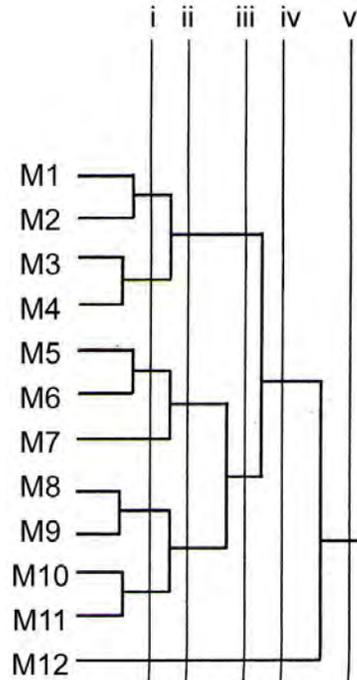


Figura 4.8.-Ejemplo de un dendrograma horizontal.

En este dendrograma las líneas gruesas constituyen el árbol de clasificación propiamente dicho, y las líneas delgadas sirven para mostrar cómo se interpreta; de hecho, en cada uno de los niveles que se señalan (i, ii, iii, iv y v) se indican las particiones siguientes:

Nivel	Partición
i	[M1,M2], [M3,M4], [M5,M6], [M7], [M8,M9], [M10,M11], [M12]
ii	[M1,M2,M3,M4], [M5,M6,M7], [M8,M9,M10,M11], [M12]
iii	[M1,M2,M3,M4], [M5,M6,M7,M8,M9,M10,M11], [M12]
iv	[M1,M2,M3,M4,M5,M6,M7,M8,M9,M10,M11], [M12]
v	[M1,M2,M3,M4,M5,M6,M7,M8,M9,M10,M11,M12]

Los métodos de clasificación que para un conjunto de elementos dados construyen un dendrograma se llaman métodos jerárquicos. La escala horizontal de un dendrograma tiene importancia fundamental. De hecho, la interpretación que se asociaría a los siguientes es muy distinta.

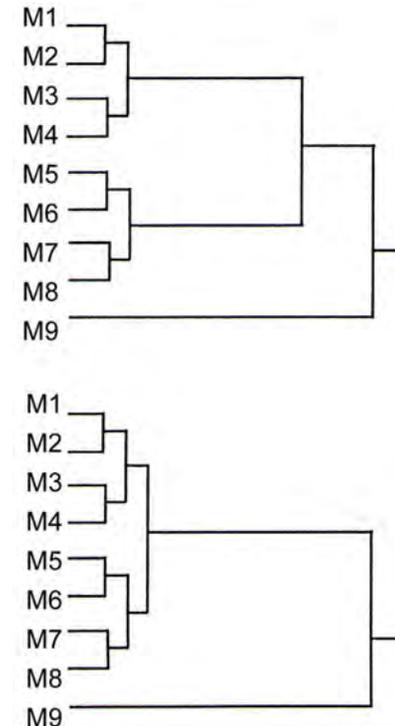


Figura 4.9.-La importancia de la escala horizontal de un dendrograma.

Ambos dendrogramas anteriores muestran a los grupos [M1,M2,M3,M4] y [M5,M6,M7,M8] que se forman, cada uno de ellos, muy pronto, y a un elemento aislado [M9] que se une muy tardíamente al resto. Sin embargo, el primer dendrograma señala que los dos grupos de cuatro elementos se unen también tardíamente, mientras que el segundo indica que esos mismos dos grupos se unen muy pronto entre ellos.

Considérense ahora los siguientes dendrogramas:

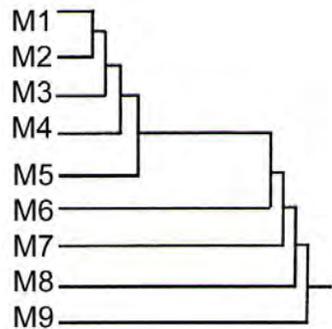
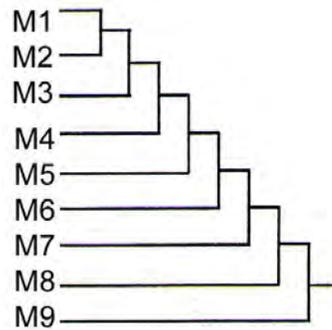


Figura 4.10.-Ejemplos de grupos y agregaciones en los dendrogramas.

En este caso, en el primer dendrograma no existe un grupo propiamente dicho, pues a un núcleo formado por los elementos M1 y M2 se van agregando uno a uno, y poco a poco los demás. En el segundo, los elementos M1,M2,M3,M4 y M5 se agrupan rápidamente, por lo que puede hablarse de ese grupo, pero los demás elementos se van agregando tardíamente, sin formar ellos mismos un grupo.

Estos ejemplos de dendrogramas ilustran la diversidad de situaciones que el usuario de los métodos jerárquicos puede encontrar, pero también ilustran algunos tipos de conclusiones que pueden obtenerse a partir de la forma específica de un dendrograma. Hay muchas más formas de interpretar los dendrogramas, pero basta con estos ejemplos ya que son los que utilicé más adelante.

6.-Interpretación de resultados. Una investigación requiere de procesos de análisis y síntesis de datos. El investigador tiene que separar aquello que parece tener un verdadero significado de lo que no lo parezca; debe poder presentar resultados de manera nítida, comprensible, aun a riesgo de haber dejado de lado asuntos relevantes para mostrar sus conclusiones con alguna contundencia razonable.

El análisis mediante diversos métodos, conduce a identificar o proponer partes que constituyen del todo para su consideración en la investigación; mientras que la síntesis implica

inteligir cuáles son las envolventes de aquellos sucesos que se investigan, y que de manera sucinta permiten entenderlos, para poder lograr una interpretación de los resultados relevantes, que se obtienen por medio de los métodos matemáticos ayudados también por los programas de computadora.

Al llegar a esta etapa es cuando se nota la importancia de seleccionar cuidadosamente la información que habrá de reunirse cuando se obtienen los datos, ya que debido a los avances computacionales para desarrollar los métodos matemáticos que se usan para analizar, ahora es más fácil obtener datos con muestras relativamente enormes por su facilidad y rapidez de análisis. Pero aunque la heurística tiene estructura y tiene métodos no puede, ni pretende suplir las capacidades de análisis y síntesis del investigador.

### **Conclusión del capítulo**

Ante el planteamiento sobre la posibilidad de evaluar la creatividad comienzo este capítulo con un apartado sobre lo que es evaluación, así como dónde y cómo se lleva a cabo en las diferentes etapas del proceso de elaboración de exhibiciones en museos y centros de ciencia. Si bien la evaluación inicia con los primeros estudios sobre los visitantes, los investigadores hoy en día están tomando otros elementos que enriquecen y hacen más integral el aprendizaje sobre cómo corregir errores y mejorar un MCC; entre esos aspectos se encuentran la mediación, la interactividad y la creatividad.

Debido a que esta tesis versa sobre cómo evaluar la creatividad en MCC a mí se me presentó el problema de cómo hacerlo de la manera más objetiva posible. Y aunque en este capítulo se enfatizó que debido a que el modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi no es suficiente para extraer cada uno de los rasgos por los que un producto como un MCC es creativo, concluyo que se necesitan evaluaciones en diferentes aspectos que en conjunto engloban la creatividad. Para tal fin planteo la posibilidad de evaluar la creatividad a través de sus características principales en los diferentes productos dentro de un MCC. Una de las estrategias que pueden ser usadas para lograr una medición objetiva es obtener toda la información útil posible del producto a evaluar. Así que el primer paso fue realizar una lista de cotejo de alrededor de 330 elementos, que se evaluó en un recorrido que hice por 17 MCC del mundo. No fue fácil, porque al principio no se sabe qué información podría resultar útil, pero una vez que los datos fueron recopilados lo que a continuación se necesita es extraer, cuantificar y clasificar todo para evaluar la creatividad. Para realizar esta etapa fueron muy útiles las técnicas heurísticas para el análisis de datos, en especial la técnica de conglomerados jerárquicos. Los resultados de aplicar estas técnicas se verán reflejados en el siguiente capítulo, donde podrá apreciarse la metodología que seguí para evaluar la creatividad en diferentes productos de MCC del mundo.





Exhibit Workshop  
This is where we build exhibits.

Exhibit Workshop  
We've been building and repairing exhibits here since 1969. Using skills ranging from metal- and woodworking to electronics and computer-aided design, we collaborate with other scientists, artists, and educators to develop and test new exhibit ideas. Few science museums use this prototyping process to create their own exhibits.

## Capítulo 5

# Caracterización de Exhibiciones,

*Evaluación de la creatividad en productos de divulgación de la ciencia: un modelo para los museos y centros de ciencia. Adriana Elisa Espinosa.*

# Cédulas y Temáticas en Museos de Ciencia

*Taller de Construcción de Exhibiciones dentro del nuevo Exploratorium, Adriana Elisa Espinosa, 2013.*

## Capítulo 5

### **Caracterización de exhibiciones, cédulas y temáticas en museos y centros de ciencia**

“Las ciencias no tratan de explicar, ni siquiera tratan de interpretar, principalmente hacen modelos.

Por un modelo se entiende una construcción matemática que, con la incorporación de ciertas interpretaciones verbales, describen fenómenos observados. La única justificación de tal construcción matemática es precisamente que se espera que funcione.”

–John von Neumann.

#### **Introducción**

Cuando se habla de tener una “medición” como apoyo en una investigación, generalmente se trata de contar con valores numéricos que pueden utilizarse para probar y comparar algo de acuerdo a un conjunto de estándares válidos. Todo lo que es medible es la base de la metodología de la investigación científica, la creatividad no queda fuera de esta consideración, lo que nos conduce a plantearnos la pregunta de si se trata de un fenómeno potencialmente medible o no. Si es así, entonces se requiere buscar una medida que será la base de una aproximación estándar que reconozca las limitaciones a las que este rasgo es capaz de enfrentarse [Candy, 2009:10].

Si, como asegura Candy (2009), somos capaces de desmitificar la creatividad y, en el proceso, contribuir a un nuevo conocimiento sobre este concepto, lo que se necesita es aplicar estrategias para generar datos claros y sin ambigüedades que puedan convertirse en información significativa, de la cual se podría entonces extraer un entendimiento relacionado con su contexto, y el resultado podría tomar la forma de un modelo coherente [Candy, 2009:10].

Realizar mediciones apropiadas de la creatividad podría ser la base necesaria para generar un entendimiento objetivo de este concepto y, por lo tanto, proporcionar un fundamento más sólido para evaluar su valor. La medición es, por lo tanto, esencial para la evaluación, donde en este caso implica comparar diferentes fenómenos con rasgos de creatividad [Candy, 2009:10]. Con esto en mente, en este capítulo presento los resultados que obtuve de las observaciones en los diferentes MCC con miras a obtener una forma de evaluarlos en función de la creatividad.

#### **Aplicación de las técnicas heurísticas a los análisis de datos de los museos y centros de ciencia**

En el capítulo anterior, presenté las técnicas que utilicé para analizar y caracterizar los diferentes MCC en función de la creatividad. En primer lugar, usé el modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi para encontrar al MCC más creativo de entre los surgidos hace aproximadamente unos 47 años, cuando inició el movimiento de los centros educativos de ciencia, o en términos de Csikszentmihalyi, encontrar al MCC

creativo con “C” mayúscula. Según los resultados que presenté en el capítulo 3, ese MCC resultó ser el *Exploratorium* que se encuentra en San Francisco, California (ver figura 3.1). Así que a este museo lo denominé “museo modelo inspirador”, ya que los MCC que le precedieron utilizaron sus características principales (en exhibiciones, cédulas y/o temáticas) para crear desde salas de exhibición hasta museos completos. Así que todos los datos que analicé los comparé contra los de este museo modelo inspirador, que me sirvió de modelo estándar para los demás MCC. Aquellos museos que imitaron el modelo *Exploratorium* los denominé “museos descendientes” y aquellos en los que el *Exploratorium* se basó para crear tan exitoso museo los llamé “museos ancestros” (ver figura 4.2). Para esta investigación en particular, analicé un total de 17 MCC entre museos ancestros, museos descendientes y el museo modelo inspirador (ver tabla 4.3).

En segundo lugar, realicé una lista de cotejo con unos 330 elementos que evalué para cada uno de los MCC analizados, pero al final solamente tomé en cuenta 79, ya que nada más analicé las variables cualitativas que resultaron más objetivas (para tratar de dejar fuera cualquier interpretación subjetiva) y las dividí en tres grandes rubros: 43 que corresponden a exhibiciones, 14 a cédulas y 22 a temáticas de exhibición, que considero son los elementos principales que caracterizan a un MCC.

Con la ayuda del programa de computadora *IBM SPSS Statistics Version 19* realicé los análisis matemáticos de los datos, en el Anexo 2 se pueden

ver los pasos que seguí para lograrlo. En la figura 5.1 se describen los procedimientos utilizados para el análisis y caracterización de los datos. La interpretación se mostrará hasta el siguiente capítulo, ya que debido a la gran cantidad de resultados que se obtuvieron, decidí hacer un capítulo aparte sobre éstos para que se pudiera apreciar mejor esta etapa de interpretación tan importante.

### **Metodología de análisis y caracterización de datos**

En la figura 5.1 se puede observar la metodología que seguí para el análisis y la caracterización de los datos. En primer lugar se obtuvieron 79 respuestas por cada uno de los 17 MCC analizados, es decir, 1,343 elementos, de los cuales seleccioné 3 rubros diferentes (exhibiciones, cédulas y temáticas). Para cada uno de los rubros seleccioné las variables a analizar y construí una tabla de ausencia/presencia, donde en cada columna se encuentran las respuestas de cada variable por cada MCC analizado en las 17 filas de la tabla. El siguiente paso es seleccionar el coeficiente de disimilaridad o distancia, que en este caso fue la distancia euclidiana, para obtener así una matriz de distancias que nos dará un primer resultado en el que se indicará qué MCC se acercan o se alejan del museo modelo inspirador.

Para robustecer el resultado se realizó después un dendrograma para obtener una clasificación, todo en función del museo modelo inspirador, el *Exploratorium*. Una vez que se obtiene el dendrograma viene la etapa de interpretación de datos, que nos dirá por fin, qué tanto los MCC se

acercan o se alejan del museo modelo inspirador, dato que nos interesa mucho porque como éste es a su vez el museo más creativo, entonces de esta forma podremos obtener qué rasgos de este museo

se han mantenido a lo largo del tiempo, de manera que esos serían los rasgos más creativos, es decir, los que han permanecido en los MCC por más tiempo.

### Metodología de análisis y caracterización de datos que se siguió en esta tesis de investigación

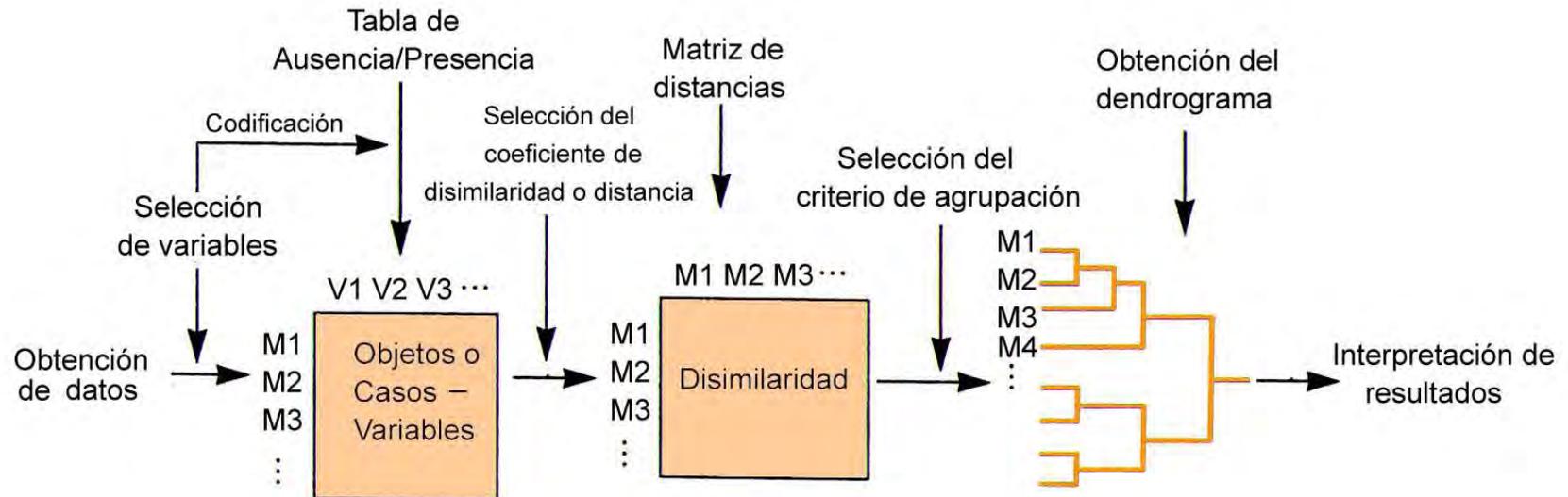


Figura 5.1.-Metodología de análisis y caracterización de datos mediante la herramienta de análisis y clasificación de cúmulos o conglomerados jerárquicos (esquema de la autora).

*“Haz la Proyección Mercator de tu Cara”, exhibición del Exploratorium, Adriana Elisa Espinosa, 2012.*



## *Caracterización de Exhibiciones*

## **Las exhibiciones en los museos y centros de ciencia**

Las exhibiciones pueden definirse como un medio o instrumento de comunicación entre un museo y su audiencia, ya sea que se trate de una colección temporal o permanente de trabajos de un artista, de los artefactos de una civilización, de los especímenes de algún lugar del planeta o de la exhibición de ideas y conceptos científicos a través de equipamientos interactivos; en sí son las atracciones principales de los museos y las que también le aportan los mayores beneficios [Lord, 2014:8].

Las exhibiciones tienen diferentes propósitos dependiendo del lugar donde se encuentren, así las de los museos, que generalmente son piezas originales, tienen por objetivo informar o inspirar, e incidentalmente, entretener; en las ferias mundiales, se mostraban objetos o procesos que ilustraban los logros industriales, tecnológicos y artísticos de las diferentes naciones; en las ferias de intercambio, las exhibiciones comerciales o tiendas departamentales, se encargan de hacer publicidad y de vender varios productos; en un parque de diversiones, se dedican a entretener y maravillar. Estos diferentes propósitos afectan la naturaleza de las exhibiciones y las técnicas que se utilizarán para mostrarlas [Alexander, 1996:175-176].

Las exhibiciones de los museos usualmente son menos dramáticas y menos llamativas que aquéllas que se exhiben en las ferias mundiales y comerciales. En el caso del museo de arte, trata de que el trabajo de arte se comunique directamente con el observador y utiliza técnicas de exhibiciones discretas y de buen gusto. Otros tipos de museos ponen énfasis en la autenticidad del objeto y su significado, se enfocan en la presentación totalmente auténtica de especímenes originales o artefactos, y evitan los trucos y el alboroto que pueden acompañar a las exhibiciones comerciales [Alexander, 1996:175-176].

Los museos en general tienen diferentes tipos de exhibiciones y existen muchas clasificaciones, pero en este trabajo utilizaré las que se denominan exhibiciones permanentes y temporales. En las primeras muchas de sus colecciones, incluyendo las obras maestras y los objetos icónicos se exhiben todo el tiempo, a menos que estén en reparación o hayan sido prestadas a otro museo. Las exhibiciones temporales sobre temas especiales pueden constar de objetos de la colección del museo, traídos de la bodega o de sus lugares normales en exhibición, y tal vez se complementan con aquellos que se prestan de otros museos o coleccionistas, algunos de ellos son traídos de exhibiciones que viajan a diferentes museos [Alexander, 1996:176].

Generalmente las exhibiciones que están dentro del museo se clasifican como didácticas o de enseñanza informal ya que presentan un tema o varios, a través de una serie de objetos ordenados con una secuencia específica que se complementan con cédulas, diagramas, trabajos de arte, fotografías, modelos y, en el caso de los MCC, dispositivos multimedia de corte interactivo. Los principales componentes de una exhibición son un concepto o historia expresados a través de un equipamiento, objetos que se exhibirán y una área donde se utilizan diversos métodos de exhibición [Alexander, 1996:176].

Es claro que una exhibición cuenta con más componentes que los ya mencionados, pero para hacer las evaluaciones solamente analicé aquellas características que se encontraban en el momento<sup>1</sup> de hacer las visitas a los diferentes MCC en esos espacios de exhibición, las cuales evalué y que me permitieron caracterizarlas en 43 elementos, así que a continuación presento los resultados divididos en: Tabla de ausencia/presencia, matriz de distancias, dendrograma resultante, resultados preliminares, análisis de los resultados y distancias de museos cercanos y museos lejanos.

---

<sup>1</sup> La mayor parte de las evaluaciones las realicé en el año de 2011, en la tabla 4.4 se encuentran las fechas exactas.

## Tabla de ausencia/presencia respecto a las exhibiciones

Esta tabla de ausencia/presencia contiene 43 preguntas/respuestas (variables que van desde la columna Ve1 a Ve43) que se obtuvieron de la lista de cotejo que tuvo como base las exhibiciones del *Exploratorium* y que son determinantes para saber cuántos MCC (filas que van de M1 al M17) conservan los rasgos creativos (variables) del museo modelo inspirador, el *Exploratorium*. El código de colores se utiliza para saber el número de MCC que conservan esas variables, donde verde claro indica un mayor número de MCC y el rojo un menor número de MCC; en la tabla 5.5 puede encontrarse un resumen de estos resultados indicado en la columna de “Número de Variables Parecidas al *Exploratorium*”.

Variables →																								
Museos		Ve1	Ve2	Ve3	Ve4	Ve5	Ve6	Ve7	Ve8	Ve9	Ve10	Ve11	Ve12	Ve13	Ve14	Ve15	Ve16	Ve17	Ve18	Ve19	Ve20	Ve21	Ve22	Ve23
M1	Exploratorium	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M3	Palais de la Découverte (Sala Eureka)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1
M4	Deutsches Museum (Antigua sala de física)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
M5	Deutsches Museum (Nuevas salas)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	1
M6	Science Museum (Antigua sala de niños)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
M7	Science Museum (Sala Launchpad)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0
M8	Heureka	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0
M9	Trompo Mágico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
M10	National Museums Scotland	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
M11	Cité des Sciences (Antigua sala de física)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
M12	Cité des Sciences (Nuevas salas)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0
M13	CosmoCaixa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0
M14	At Bristol	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1
M15	Universum (Nuevas salas)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
M16	Universum (Antiguas salas)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
M17	Papagayo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0
$Total = \sum M_1 \dots M_n \longrightarrow$		17	17	17	17	17	17	17	17	16	15	14	14	14	14	13	13	13	12	12	11	11	10	10

Figura 5.2.-Tabla de ausencia/presencia de las exhibiciones.

Ve23	Ve24	Ve25	Ve26	Ve27	Ve28	Ve29	Ve30	Ve31	Ve32	Ve33	Ve34	Ve35	Ve36	Ve37	Ve38	Ve39	Ve40	Ve41	Ve42	Ve43	Total = $\sum V_1 \dots V_n$
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	43
1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	34
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	31
1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	30
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20
1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	30
0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	19
0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	29
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	32
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	23
1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	30
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	29
0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22
10	10	9	9	9	9	8	8	8	8	7	7	6	5	5	4	4	4	2	1	1	

1  
 2, 3, 4  
 5, 6, 7, 8  
 9, 10, 11, 12  
 13, 14, 15, 16  
 17

## Matriz de distancias de las exhibiciones

Esta matriz de distancias euclidianas, que se obtiene de la tabla de ausencia/presencia de las exhibiciones mostrada anteriormente, indica cuáles MCC, de los 17 analizados, son cercanos o lejanos al museo modelo inspirador *Exploratorium*, en función de las 43 variables encontradas en las exhibiciones. Donde los museos, tanto en filas como en columnas, se indican con la siguiente numeración: 1.-Exploratorium, 2.-Palais de la Découverte (Antiguo), 3.-Palais de la Découverte (Sala Eureka), 4.-Deutsches Museum (Antigua sala de Física), 5.-Deutsches Museum (Nuevas salas), 6.-Science Museum (Antigua sala de niños), 7.-Science Museum (Sala Launchpad), 8.-Heureka, 9.-Trompo Mágico, 10.-National Museums Scotland, 11.-Cité des Sciences (Antigua sala de Física), 12.-Cité des Sciences (Nuevas salas), 13.-CosmoCaixa, 14.-At Bristol, 15.-Universum (Nuevas salas), 16.-Universum (Antiguas salas) y 17.-Papagayo. Debido a que es una tabla de disimilaridad, los valores mayores indican un grado de mayor diferencia con respecto, en este caso, al museo modelo inspirador que es el *Exploratorium*, misma que puede resumirse en la tabla 5.5 en la columna de “Matriz de Distancias”.

**Matriz de distancias**

Caso	distancia euclídea																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	,000	3,000	3,464	3,606	4,796	3,606	4,899	4,123	4,472	3,742	3,317	5,196	4,472	3,606	5,292	3,742	4,583
2	3,000	,000	3,873	3,464	4,000	3,464	4,796	4,000	4,359	2,646	3,464	4,472	3,873	3,464	4,359	2,646	4,243
3	3,464	3,873	,000	2,646	4,359	3,000	4,243	3,873	4,243	3,464	2,646	4,583	4,472	3,317	4,899	3,464	4,123
4	3,606	3,464	2,646	,000	4,000	1,414	4,583	4,243	4,359	3,000	3,162	4,243	4,359	3,464	4,796	3,317	4,472
5	4,796	4,000	4,359	4,000	,000	3,742	4,359	3,742	3,317	3,000	4,243	2,000	2,236	4,243	2,646	3,000	3,162
6	3,606	3,464	3,000	1,414	3,742	,000	4,359	4,000	4,123	3,000	3,162	4,000	4,123	3,742	4,583	3,317	4,243
7	4,899	4,796	4,243	4,583	4,359	4,359	,000	3,000	2,828	4,899	3,873	3,873	4,243	3,873	4,000	4,899	3,000
8	4,123	4,000	3,873	4,243	3,742	4,000	3,000	,000	2,236	3,873	3,162	3,742	3,606	3,162	4,123	3,873	2,449
9	4,472	4,359	4,243	4,359	3,317	4,123	2,828	2,236	,000	4,000	3,606	3,317	3,464	3,606	3,742	4,000	1,732
10	3,742	2,646	3,464	3,000	3,000	3,000	4,899	3,873	4,000	,000	3,606	3,606	3,162	3,606	3,742	2,000	3,873
11	3,317	3,464	2,646	3,162	4,243	3,162	3,873	3,162	3,606	3,606	,000	4,243	4,359	2,828	4,796	3,606	4,000
12	5,196	4,472	4,583	4,243	2,000	4,000	3,873	3,742	3,317	3,606	4,243	,000	2,646	4,472	2,236	3,606	3,464
13	4,472	3,873	4,472	4,359	2,236	4,123	4,243	3,606	3,464	3,162	4,359	2,646	,000	4,359	2,828	3,464	3,317
14	3,606	3,464	3,317	3,464	4,243	3,742	3,873	3,162	3,606	3,606	2,828	4,472	4,359	,000	4,796	3,606	3,742
15	5,292	4,359	4,899	4,796	2,646	4,583	4,000	4,123	3,742	3,742	4,796	2,236	2,828	4,796	,000	3,742	3,873
16	3,742	2,646	3,464	3,317	3,000	3,317	4,899	3,873	4,000	2,000	3,606	3,606	3,464	3,606	3,742	,000	3,873
17	4,583	4,243	4,123	4,472	3,162	4,243	3,000	2,449	1,732	3,873	4,000	3,464	3,317	3,742	3,873	3,873	,000

Esta es una matriz de disimilaridades

Figura 5.3.-Matriz de distancias de las exhibiciones.

## Dendrograma resultante de las exhibiciones analizadas

El dendrograma muestra los grupos o conglomerados jerárquicos de los MCC que surgen de la tabla de ausencia/presencia, en donde se aprecian dos grandes grupos, **los museos cercanos** (museos más similares al *Exploratorium* que se agrupan dentro del recuadro de puntos color verde claro) y **los museos lejanos** (museos más disímiles que se agrupan dentro del recuadro de puntos de color rosado) al museo modelo inspirador. En este dendrograma el criterio de agrupación recae en las características del *Exploratorium*, y de ahí se van agregando grupos y subgrupos que van desde los más similares a este museo modelo inspirador hasta que se agrupan los que son más disímiles, estos resultados podrán encontrarse en forma resumida en la tabla 5.5 en la columna de “Grupos de Museos”.

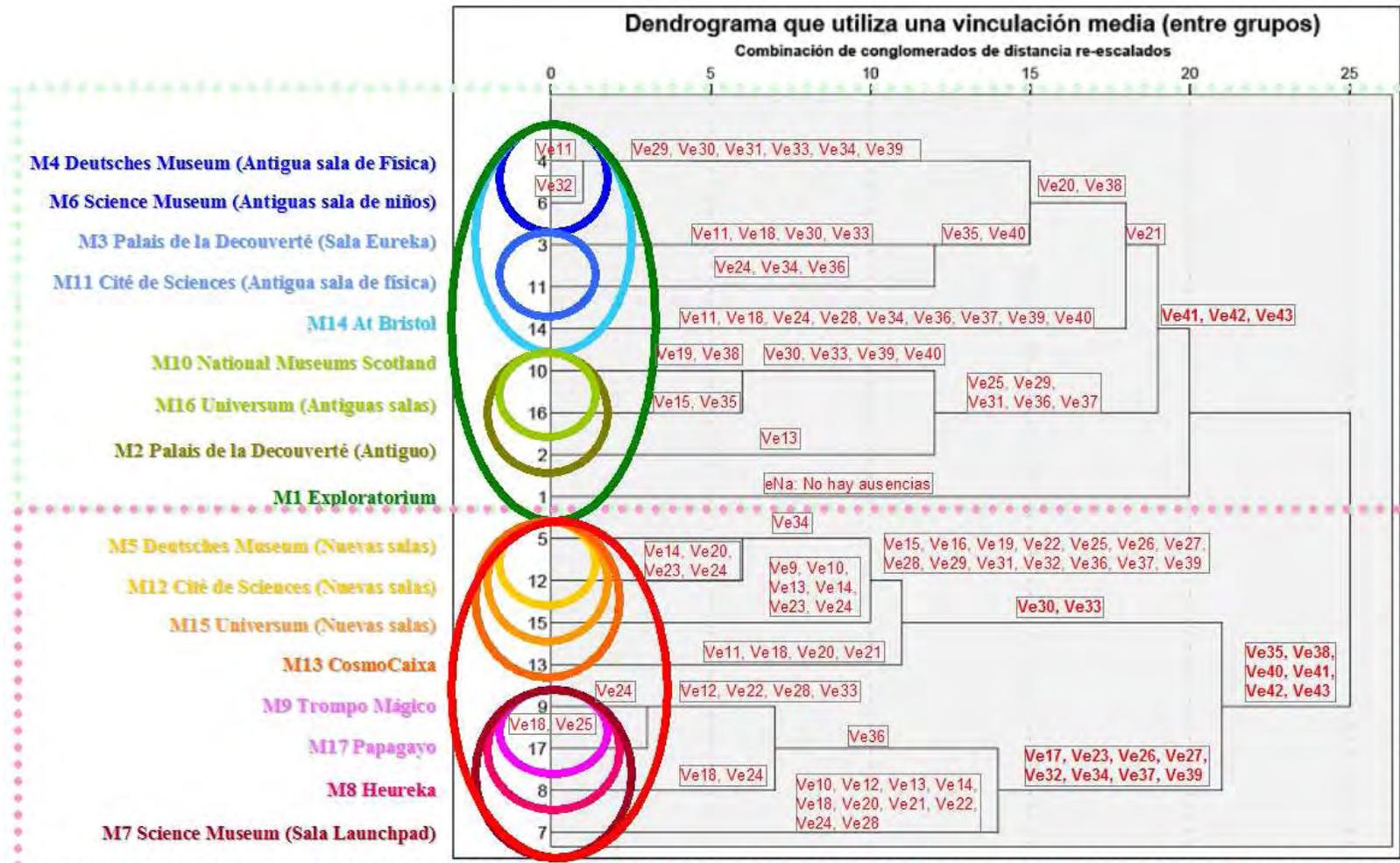


Figura 5.4.-Dendrograma de las exhibiciones, donde se aprecian los grupos de MCC que se forman alrededor del *Exploratorium*.

## Resultados preliminares de las exhibiciones

Con la ayuda de la tabla de ausencia/presencia, la matriz de distancias y el dendrograma, se obtuvieron los resultados finales de los análisis hechos a las exhibiciones y que se muestran en la siguiente tabla:

Resultados de los Análisis hechos a las Exhibiciones				
Grupos de Museos	Matriz de Distancias	Museos por Número	Museos por Nombre	Número de Variables Parecidas al Exploratorium
Museos Cercanos	0.000	M1	Exploratorium	43
	3.000	M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	34
	3.317	M11	Cité des Sciences (Antigua sala de física)	32
	3.464	M3	Palais de la Découverte (Sala Eureka)	31
	3.606	M4	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	30
	3.606	M6	Science Museum (Antigua sala de niños)	30
	3.606	M14	At Bristol	30
	3.742	M10	National Museums Scotland	29
	3.742	M16	Universum (Antiguas salas)	29
Museos Lejanos	4.123	M8	Heureka	26
	4.472	M9	Trompo Mágico	23
	4.472	M13	CosmoCaixa	23
	4.583	M17	Papagayo	22
	4.796	M5	Deutsches Museum (Nuevas salas)	20
	4.899	M7	Science Museum (Sala Launchpad)	19
	5.196	M12	Cité des Sciences (Nuevas salas)	16
	5.292	M15	Universum (Nuevas salas)	15

Tabla 5.5.-Resumen de resultados de la comparación de las exhibiciones en los 17 MCC.

En esta tabla, se puede apreciar el resultado de la matriz de distancias de cada uno de los museos analizados, así como el número total de variables parecidas al *Exploratorium*. Si bien existen algunos traslapes entre los resultados de la matriz de distancias y el dendrograma, se pueden notar dos grandes grupos que corresponden a los museos cercanos y a los museos lejanos (colores de fondo verde claro y rosado), que a su vez se dividen en varios subgrupos señalados por los colores de fondo de los diferentes museos (columna de museos por nombre). A continuación mostraré las características específicas de cada uno de los museos evaluados, con el fin de analizar esos traslapes y entender cuáles son los rasgos específicos que hacen que se alejen o se acerquen del museo modelo inspirador.

## Análisis de resultados de las exhibiciones del grupo 1 denominado **museos cercanos**

En este primer grupo, **los MCC cercanos** (museos más similares al *Exploratorium*) se dividen en 2 subgrupos: **los museos más cercanos** y **los museos cercanos** (ver las agrupaciones de colores en la figura 5.4 y la columna de museos por nombre de la tabla 5.5). En este caso ningún museo coincidió con las 43 variables completas del *Exploratorium*, es decir, ningún museo resultó ser igual al museo modelo inspirador.

### Resultados de las exhibiciones del subgrupo 1.1 denominado **museos más cercanos**.

**Los museos más cercanos** y que coinciden en 29 ó 34\* de las 43 características de las exhibiciones son M2 *Palais de la Découverte* (Antiguo), M10 *National Museums Scotland* y M16 *Universum* (Antiguas salas). Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Ve25, Ve29, Ve31, Ve36, Ve37, Ve41, Ve42 y Ve43:

Características de las exhibiciones	
Ve1.-El visitante puede crear su propio recorrido a través de las exhibiciones.	Ve20.-Son demostrativas, con talleres o demostrador/visitante.
Ve2.-Hay de tipo juego interactivo.	Ve21.-Hay de tipo contemplativas.
Ve3.-Cuentan solamente con audio.	Ve22.-Tienen un orden lógico en su colocación.
Ve4.-Lucen futuristas.	Ve23.-El diseño de las exhibiciones causa sorpresa.
Ve5.-Provocan una interacción física.	Ve24.-Alguna exhibición es emblemática de todo el museo.
Ve6.-Provocan una interacción mental.	<b>Ve25.-Hay ausencia de exhibiciones taxidérmicas.</b>
Ve7.-Contienen elementos familiares para el visitante.	Ve26.-Generan un estado de flujo y presentan retos intelectuales.
Ve8.-Hacen que el visitante sea un elemento activo.	Ve27.-El objetivo es comprensible.
Ve9.-Cuentan con un elemento atractivo que hace que los visitantes permanezcan mucho tiempo.	Ve28.-Hay ausencia de exhibiciones parecidas a las de un parque temático.
Ve10.-Hacen que los visitantes pasen de 0 a 59 segundos.	<b>Ve29.-Hay ausencia de exhibiciones de modelos o maquetas.</b>
Ve11.-Parecen de ciencia ficción.	Ve30.-Hay ausencia de exhibiciones de tipo diorama.
Ve12.-Provocan una interacción visual.	<b>Ve31.-Hay ausencia de colecciones de objetos antiguos.</b>
<b>Ve13.-Provocan una interacción entre los visitantes.</b>	Ve32.-La mayoría de las exhibiciones están exentas de juego.
Ve14.-Crean un ambiente en el que un visitante le explica a otro.	<b>Ve33.-Hay ausencia de exhibiciones tipo mamparas con texto.</b>
<b>Ve15.-Los robots están ausentes en las exhibiciones.</b>	Ve34.-El museo cuenta con obras de arte como exhibiciones.
Ve16.-Se repite el tipo de interactividad en el resto de las exhibiciones.	<b>Ve35.-Hay exhibiciones que sólo se encuentran en este museo.</b>
Ve17.-Hay diferentes exhibiciones que se adecuan a diferentes tipos de visitantes.	<b>Ve36.-Hay ausencia de exhibiciones con videos.</b>
Ve18.-Hay de tipo vitrina.	
<b>Ve19.-Generan alguna sorpresa en los resultados.</b>	

\* El número de características, en este caso son 29 (M2) ó 34 (M10 y M16), porque si observamos la figura 5.4 los tres museos M2, M10 y M16 forman un grupo muy cercano al *Exploratorium* (M1).

<p><b>Ve37.-Hubo intervención de un artista al crear la exhibición.</b>  Ve38.-El diseño industrial de las exhibiciones es heterogéneo.  Ve39.-Hay exhibiciones que no están totalmente acabadas.  Ve40.-Las exhibiciones de este museo son originales.</p>	<p><b>Ve41.-El visitante puede ver cómo las construyen.</b>  <b>Ve42.-El visitante puede aconsejar a los constructores para mejorarlas.</b>  <b>Ve43.-El visitante puede aportar ideas para nuevas exhibiciones.</b></p>
<p>Nota: Las características que están en color rojo fuerte indican la ausencia de ellas en todas las exhibiciones de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</p>	

<b>Museos</b>	<b>Resultados</b>
<p><b>M2 Palais de la Découverte (Antiguo)</b>  Ausencia de Ve13, <b>Ve25, Ve29, Ve31, Ve36, Ve37, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p> <p><b>M10 National Museum Scotland</b>  Ausencia de Ve19, <b>Ve25, Ve29, Ve30, Ve31, Ve33, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p> <p><b>M16 Universum (Antiguas salas)</b>  Ausencia de Ve15, <b>Ve25, Ve29, Ve30, Ve31, Ve33, Ve35, Ve36, Ve37, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los museos más cercanos, parecidos o similares al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M2 <i>Palais de la Découverte</i> (Antiguo) con una distancia euclidiana de 3.000, M10 <i>National Museums Scotland</i> y M16 <i>Universum</i> (Antiguas salas) ambos con una distancia euclidiana de 3.742.</p> <p>En este caso, los museos resultaron coincidir en muchas de las características de las exhibiciones del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

## Resultados de las exhibiciones del subgrupo 1.2 denominado **museos cercanos**.

**Los museos cercanos** y que coinciden en 30, 31 ó 32 de las 43 características de las exhibiciones son M11 *Cité des Sciences* (Antigua sala de física), M3 *Palais de la Découverte* (Sala Eureka), M4 *Deutsches Museum* (Antigua sala de física), M6 *Science Museum* (Antigua sala de niños) y M14 *At Bristol*. Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Ve21, Ve41, Ve42 y Ve43:

<b>Características de las exhibiciones</b>	
<p>Ve1.-El visitante puede crear su propio recorrido a través de las exhibiciones.</p> <p>Ve2.-Hay de tipo juego interactivo.</p> <p>Ve3.-Cuentan solamente con audio.</p> <p>Ve4.-Lucen futuristas.</p> <p>Ve5.-Provocan una interacción física.</p> <p>Ve6.-Provocan una interacción mental.</p> <p>Ve7.-Contienen elementos familiares para el visitante.</p> <p>Ve8.-Hacen que el visitante sea un elemento activo.</p> <p>Ve9.-Cuentan con un elemento atractivo que hace que los visitantes permanezcan mucho tiempo.</p> <p>Ve10.-Hacen que los visitantes pasen de 0 a 59 segundos.</p> <p><b>Ve11.-Parecen de ciencia ficción.</b></p> <p>Ve12.-Provocan una interacción visual.</p> <p>Ve13.-Provocan una interacción entre los visitantes.</p> <p>Ve14.-Crean un ambiente en el que un visitante le explica a otro.</p> <p>Ve15.-Los robots están ausentes en las exhibiciones.</p> <p>Ve16.-Se repite el tipo de interactividad en el resto de las exhibiciones.</p> <p>Ve17.-Hay diferentes exhibiciones que se adecuan a diferentes tipos de visitantes.</p> <p><b>Ve18.-Hay de tipo vitrina.</b></p> <p>Ve19.-Generan alguna sorpresa en los resultados.</p> <p><b>Ve20.-Son demostrativas, con talleres o demostrador/visitante.</b></p> <p><b>Ve21.-Hay de tipo contemplativas.</b></p> <p>Ve22.-Tienen un orden lógico en su colocación.</p>	<p>Ve23.-El diseño de las exhibiciones causa sorpresa.</p> <p><b>Ve24.-Alguna exhibición es emblemática de todo el museo.</b></p> <p>Ve25.-Hay ausencia de exhibiciones taxidérmicas.</p> <p>Ve26.-Generan un estado de flujo y presentan retos intelectuales.</p> <p>Ve27.-El objetivo es comprensible.</p> <p><b>Ve28.-Hay ausencia de exhibiciones parecidas a las de un parque temático.</b></p> <p><b>Ve29.-Hay ausencia de exhibiciones de modelos o maquetas.</b></p> <p><b>Ve30.-Hay ausencia de exhibiciones de tipo diorama.</b></p> <p><b>Ve31.-Hay ausencia de colecciones de objetos antiguos.</b></p> <p><b>Ve32.-La mayoría de las exhibiciones están exentas de juego.</b></p> <p><b>Ve33.-Hay ausencia de exhibiciones tipo mamparas con texto.</b></p> <p><b>Ve34.-El museo cuenta con obras de arte como exhibiciones.</b></p> <p><b>Ve35.-Hay exhibiciones que sólo se encuentran en este museo.</b></p> <p><b>Ve36.-Hay ausencia de exhibiciones con videos.</b></p> <p><b>Ve37.-Hubo intervención de un artista al crear la exhibición.</b></p> <p><b>Ve38.-El diseño industrial de las exhibiciones es heterogéneo.</b></p> <p><b>Ve39.-Hay exhibiciones que no están totalmente acabadas.</b></p> <p><b>Ve40.- Las exhibiciones de este museo son originales.</b></p> <p><b>Ve41.-El visitante puede ver cómo las construyen.</b></p> <p><b>Ve42.-El visitante puede aconsejar a los constructores para mejorarlas.</b></p> <p><b>Ve43.-El visitante puede aportar ideas para nuevas exhibiciones.</b></p>
<p><b>Nota:</b> Las características que están en color rojo fuerte indican la ausencia de ellas en todas las exhibiciones de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</p>	

Museos	Resultados
<p><b>M11 Cité des Sciences (Antigua sala de física)</b> Ausencia de Ve20, <b>Ve21</b>, Ve24, Ve34, Ve35, Ve36, Ve38, Ve40, <b>Ve41</b>, <b>Ve42</b> y <b>Ve43</b>.</p> <p><b>M3 Palais de la Découverte (Sala Eureka)</b> Ausencia de Ve11, Ve18, Ve20, <b>Ve21</b>, Ve30, Ve33, Ve35, Ve38, Ve40, <b>Ve41</b>, <b>Ve42</b> y <b>Ve43</b>.</p> <p><b>M4 Deutsches Museum (Antigua sala de física)</b> Ausencia de Ve11, Ve20, <b>Ve21</b>, Ve29, Ve30, Ve31, Ve33, Ve34, Ve38, Ve39, <b>Ve41</b>, <b>Ve42</b> y <b>Ve43</b>.</p> <p><b>M6 Science Museum (Antigua sala de niños)</b> Ausencia de Ve20, <b>Ve21</b>, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve38, Ve39, <b>Ve41</b>, <b>Ve42</b> y <b>Ve43</b>.</p> <p><b>M14 At Bristol</b> Ausencia de Ve11, Ve18, <b>Ve21</b>, Ve24, Ve28, Ve34, Ve36, Ve37, Ve39, Ve40, <b>Ve41</b>, <b>Ve42</b> y <b>Ve43</b>.</p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los museos cercanos o parecidos al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M11 <i>Cité des Sciences</i> (Antigua sala de física) con una distancia euclidiana de 3.317, M3 <i>Palais de la Découverte</i> (Sala Eureka) con una distancia euclidiana de 3.464, M4 <i>Deutsches Museum</i> (Antigua sala de física), M6 <i>Science Museum</i> (Antigua sala de niños) y M14 <i>At Bristol</i> estos últimos 3 con una distancia euclidiana de 3.606.</p> <p>En este caso, los museos resultaron coincidir sólo en algunas de las características de las exhibiciones del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

## Análisis de resultados de las exhibiciones del grupo 2 denominado **museos lejanos**

En este segundo grupo, **los MCC lejanos** (museos más disímiles al *Exploratorium*) se dividen en 2 subgrupos, **los museos lejanos** y **los museos más lejanos** (ver las agrupaciones de colores en la figura 5.4 y la columna de museos por nombre de la tabla 5.5).

### Resultados de las exhibiciones del subgrupo 2.1 denominado **museos lejanos**

**Los museos lejanos** y que contienen 19, 22, 23 ó 26 de las 43 características de las exhibiciones son M8 *Heureka*, M9 *Trompo Mágico*, M17 *Papagayo* y M7 *Science Museum* (Sala Launchpad). Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Ve17, Ve23, Ve26, Ve27, Ve32, Ve34, Ve35, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43:

<b>Características de las exhibiciones</b>	
<p>Ve1.-El visitante puede crear su propio recorrido a través de las exhibiciones.</p> <p>Ve2.-Hay de tipo juego interactivo.</p> <p>Ve3.-Cuentan solamente con audio.</p> <p>Ve4.-Lucen futuristas.</p> <p>Ve5.-Provocan una interacción física.</p> <p>Ve6.-Provocan una interacción mental.</p> <p>Ve7.-Contienen elementos familiares para el visitante.</p> <p>Ve8.-Hacen que el visitante sea un elemento activo.</p> <p>Ve9.-Cuentan con un elemento atractivo que hace que los visitantes permanezcan mucho tiempo.</p> <p><b>Ve10.-Hacen que los visitantes pasen de 0 a 59 segundos.</b></p> <p>Ve11.-Parecen de ciencia ficción.</p> <p><b>Ve12.-Provocan una interacción visual.</b></p> <p><b>Ve13.-Provocan una interacción entre los visitantes.</b></p> <p><b>Ve14.-Crean un ambiente en el que un visitante le explica a otro.</b></p> <p>Ve15.-Los robots están ausentes en las exhibiciones.</p> <p>Ve16.-Se repite el tipo de interactividad en el resto de las exhibiciones.</p> <p><b>Ve17.-Hay diferentes exhibiciones que se adecuan a diferentes tipos de visitantes.</b></p> <p>Ve18.-Hay de tipo vitrina.</p> <p>Ve19.-Generan alguna sorpresa en los resultados.</p>	<p><b>Ve20.-Son demostrativas, con talleres o demostrador/visitante.</b></p> <p><b>Ve21.-Hay de tipo contemplativas.</b></p> <p><b>Ve22.-Tienen un orden lógico en su colocación.</b></p> <p><b>Ve23.-El diseño de las exhibiciones causa sorpresa.</b></p> <p><b>Ve24.-Alguna exhibición es emblemática de todo el museo.</b></p> <p><b>Ve25.-Hay ausencia de exhibiciones taxidérmicas.</b></p> <p><b>Ve26.-Generan un estado de flujo y presentan retos intelectuales.</b></p> <p><b>Ve27.-El objetivo es comprensible.</b></p> <p>Ve28.-Hay ausencia de exhibiciones parecidas a las de un parque temático.</p> <p>Ve29.-Hay ausencia de exhibiciones de modelos o maquetas.</p> <p>Ve30.-Hay ausencia de exhibiciones de tipo diorama.</p> <p>Ve31.-Hay ausencia de colecciones de objetos antiguos.</p> <p><b>Ve32.-La mayoría de las exhibiciones están exentas de juego.</b></p> <p><b>Ve33.-Hay ausencia de exhibiciones tipo mamparas con texto.</b></p> <p><b>Ve34.-El museo cuenta con obras de arte como exhibiciones.</b></p> <p><b>Ve35.- Hay exhibiciones que sólo se encuentran en este museo.</b></p> <p><b>Ve36.-Hay ausencia de exhibiciones con videos.</b></p>

<p><b>Ve37.-Hubo intervención de un artista al crear la exhibición.</b></p> <p><b>Ve38.-El diseño industrial de las exhibiciones es heterogéneo.</b></p> <p><b>Ve39.-Hay exhibiciones que no están totalmente acabadas.</b></p> <p><b>Ve40.-Las exhibiciones de este museo son originales.</b></p>	<p><b>Ve41.-El visitante puede ver cómo las construyen.</b></p> <p><b>Ve42.-El visitante puede aconsejar a los constructores para mejorarlas.</b></p> <p><b>Ve43.-El visitante puede aportar ideas para nuevas exhibiciones.</b></p>
--	--

Nota: Las características que están en color rojo fuerte indican la ausencia de ellas en todas las exhibiciones de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.



Museos	Resultados
<p><b>M8 Heureka</b> Ausencia de <b>Ve17, Ve18, Ve23, Ve24, Ve26, Ve27, Ve32, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p> <p><b>M9 Trompo Mágico</b> Ausencia de <b>Ve12, Ve17, Ve22, Ve23, Ve24, Ve26, Ve27, Ve28, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p> <p><b>M17 Papagayo</b> Ausencia de <b>Ve12, Ve17, Ve18, Ve22, Ve23, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p> <p><b>M7 Science Museum (Sala Launchpad)</b> Ausencia de <b>Ve10, Ve12, Ve13, Ve14, Ve17, Ve18, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve26, Ve27, Ve28, Ve32, Ve34, Ve35, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los museos lejanos o diferentes al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M8 <i>Heureka</i> con una distancia euclidiana de 4.123, M9 <i>Trompo Mágico</i> con una distancia euclidiana de 4.472, M17 <i>Papagayo</i> con una distancia euclidiana de 4.583 y M7 <i>Science Museum</i> (Sala Launchpad) con una distancia euclidiana de 4.899.</p> <p>En este caso, los museos resultaron no coincidir en muchas de las características de las exhibiciones del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

## Resultados de las exhibiciones del subgrupo 2.2 denominado **museos más lejanos**.

**Los museos más lejanos** y que coinciden en 23 de las 43 características de las exhibiciones son M13 *CosmoCaixa*, M5 *Deutsches Museum* (Nuevas salas), M12 *Cité des Sciences* (Nuevas salas) y M15 *Universum* (Nuevas salas). Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Ve30, Ve33, Ve35, Ve38, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43:

<b>Características de las exhibiciones</b>	
<p>Ve1.-El visitante puede crear su propio recorrido a través de las exhibiciones.</p> <p>Ve2.-Hay de tipo juego interactivo.</p> <p>Ve3.-Cuentan solamente con audio.</p> <p>Ve4.-Lucen futuristas.</p> <p>Ve5.-Provocan una interacción física.</p> <p>Ve6.-Provocan una interacción mental.</p> <p>Ve7.-Contienen elementos familiares para el visitante.</p> <p>Ve8.-Hacen que el visitante sea un elemento activo.</p> <p>Ve9.-Cuentan con un elemento atractivo que hace que los visitantes permanezcan mucho tiempo.</p> <p>Ve10.-Hacen que los visitantes pasen de 0 a 59 segundos.</p> <p>Ve11.-Parecen de ciencia ficción.</p> <p>Ve12.-Provocan una interacción visual.</p> <p>Ve13.-Provocan una interacción entre los visitantes.</p> <p>Ve14.-Crean un ambiente en el que un visitante le explica a otro.</p> <p>Ve15.-Los robots están ausentes en las exhibiciones.</p> <p>Ve16.-Se repite el tipo de interactividad en el resto de las exhibiciones.</p> <p>Ve17.-Hay diferentes exhibiciones que se adecuan a diferentes tipos de visitantes.</p> <p>Ve18.-Hay de tipo vitrina.</p> <p>Ve19.-Generan alguna sorpresa en los resultados.</p> <p>Ve20.-Son demostrativas, con talleres o demostrador/visitante.</p> <p>Ve21.-Hay de tipo contemplativas.</p> <p>Ve22.-Tienen un orden lógico en su colocación.</p>	<p>Ve23.-El diseño de las exhibiciones causa sorpresa.</p> <p>Ve24.-Alguna exhibición es emblemática de todo el museo.</p> <p>Ve25.-Hay ausencia de exhibiciones taxidérmicas.</p> <p>Ve26.-Generan un estado de flujo y presentan retos intelectuales.</p> <p>Ve27.-El objetivo es comprensible.</p> <p>Ve28.-Hay ausencia de exhibiciones parecidas a las de un parque temático.</p> <p>Ve29.-Hay ausencia de exhibiciones de modelos o maquetas.</p> <p><b>Ve30.-Hay ausencia de exhibiciones de tipo diorama.</b></p> <p>Ve31.-Hay ausencia de colecciones de objetos antiguos.</p> <p>Ve32.-La mayoría de las exhibiciones están exentas de juego.</p> <p><b>Ve33.-Hay ausencia de exhibiciones tipo mamparas con texto.</b></p> <p>Ve34.-El museo cuenta con obras de arte como exhibiciones.</p> <p><b>Ve35.-Hay exhibiciones que sólo se encuentran en este museo.</b></p> <p>Ve36.-Hay ausencia de exhibiciones con videos.</p> <p>Ve37.-Hubo intervención de un artista al crear la exhibición.</p> <p><b>Ve38.-El diseño industrial de las exhibiciones es heterogéneo.</b></p> <p>Ve39.-Hay exhibiciones que no están totalmente acabadas.</p> <p><b>Ve40.- Las exhibiciones de este museo son originales.</b></p> <p><b>Ve41.-El visitante puede ver cómo las construyen.</b></p> <p><b>Ve42.-El visitante puede aconsejar a los constructores para mejorarlas.</b></p> <p><b>Ve43.-El visitante puede aportar ideas para nuevas exhibiciones.</b></p>
<p>Nota: Las características que están en color rojo fuerte indican la ausencia de ellas en todas las exhibiciones de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</p>	

Museo	Resultados
<p><b>M13 CosmoCaixa</b> Ausencia de Ve11, Ve18, Ve20, Ve21, <b>Ve30, Ve33, Ve35, Ve38, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p> <p><b>M5 Deutsches Museum (Nuevas salas)</b> Ausencia de Ve15, Ve16, Ve19, Ve22, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, <b>Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p> <p><b>M12 Cité des Sciences (Nuevas salas)</b> Ausencia de Ve14, Ve15, Ve16, Ve19, Ve20, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, <b>Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p> <p><b>M15 Universum (Nuevas salas)</b> Ausencia de Ve9, Ve10, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve19, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, <b>Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42 y Ve43.</b></p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los museos más lejanos o diferentes al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M13 <i>CosmoCaixa</i> con una distancia euclidiana de 4.472, M5 <i>Deutsches Museum</i> (Nuevas salas) con una distancia euclidiana de 4.796, M12 <i>Cité des Sciences</i> (Nuevas salas) con una distancia euclidiana de 5.196 y M15 <i>Universum</i> (Nuevas salas) con una distancia euclidiana de 5.292.</p> <p>En este caso, los museos resultaron coincidir en muy pocas características de las exhibiciones del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

Con los resultados anteriores generé un diagrama (ver figura 5.6) en el que se muestran los museos cercanos y lejanos al *Exploratorium*, en base a las características de las exhibiciones. Del lado izquierdo coloqué los museos que sirvieron de base para su creación, los denominados museos ancestros, y del lado derecho coloqué los museos que se han creado a partir del modelo del *Exploratorium*, es decir, los museos descendientes. Cada uno de los museos contiene el número de variables que comparten con el museo modelo inspirador.

## Museos cercanos y museos lejanos al museo modelo inspirador en cuanto a exhibiciones

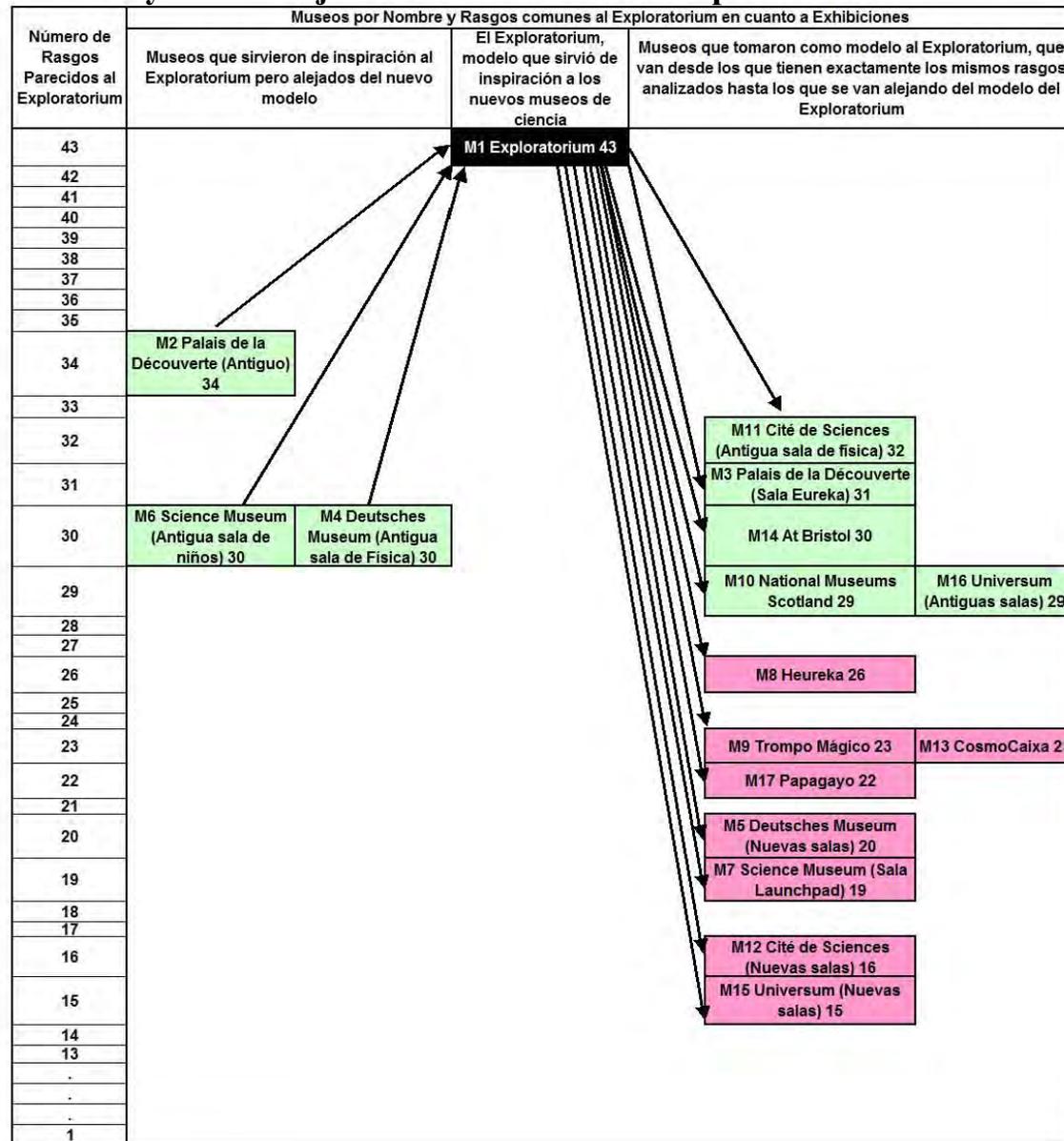


Figura 5.6.-En este diagrama se puede observar gráficamente, cuáles museos se acercan y cuáles se alejan del museo modelo inspirador *Exploratorium*, en base a las características de las exhibiciones.

## Conclusiones de análisis y resultados hechos a las exhibiciones

De los resultados anteriores quiero destacar lo siguiente:

Al tomar como base al *Exploratorium*, que fue el museo modelo inspirador y que resultó ser el más creativo desde que surgieron los primeros MCC, según el modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi, con los diferentes análisis (tabla de ausencia/presencia, matriz de distancias y dendrograma), se obtuvieron principalmente dos grupos de museos, mismos que denominé museos cercanos y museos lejanos, y que pueden corroborarse en las figuras 5.2, 5.3 y 5.4.

De acuerdo con las 43 variables evaluadas en los 17 MCC, aquellas que se presentan en más museos son las más similares al *Exploratorium* y las que se presentan en menos museos son las más disímiles o diferentes a este museo modelo inspirador, ver tabla 5.5.

Con estos resultados también se puede notar que cuando se creó el *Exploratorium*, basándose principalmente en tres museos ancestros (que compartían casi los mismos rasgos o variables entre sí), no era en realidad muy cercano a ellos. De hecho, el que sea lejano de estos tres museos indica que tuvo nuevos y diferentes rasgos, que lo hizo convertirse posteriormente en un museo modelo inspirador (ver figura 5.6).

Los museos descendientes del *Exploratorium* se comportan de dos formas principalmente, los que siguen su modelo, es decir los que conservan rasgos muy parecidos y por lo tanto entran en la categoría de museos cercanos al *Exploratorium* y los que se están alejando radicalmente de este museo modelo inspirador, que da pie a pensar si en realidad lo que está pasando es que están generando un nuevo modelo de MCC o si están regresando de nuevo a los rasgos de los museos ancestros. Todas estas discusiones se verán a detalle en el siguiente capítulo, en donde se encontrarán las interpretaciones de los resultados. Por ahora, a continuación se presentan los resultados de las evaluaciones hechas a las cédulas.

“Tubo de eco”, cédula del museo Trompo Mágico, Adriana Elisa Espinosa, 2011.



## Caracterización de Cédulas

## Las cédulas de los museos de ciencia

Las cédulas –esos espacios de texto que generalmente se presentan con títulos llamativos, gráficas, imágenes, preguntas clave, que cuentan con diferentes colores y formas–, son las que acompañan y apoyan a una exhibición en un MCC, para lograr una mejor comprensión del concepto que se intenta explicar mediante un equipo interactivo, una maqueta, un modelo o cualquiera de las formas que adopte una exhibición.

Las cédulas, a quien Serrell (1996) llama comúnmente cédulas interpretativas, serán muy fáciles de escribir y harán sentido por completo a los lectores de éstas, si la exhibición tiene un único objetivo que unifica todas sus partes. Las buenas cédulas se guían por un plan fuerte y cohesivo –un tema, una historia o una meta de comunicación– que marca la pauta y limita el contenido [Serrell, 1996:1]. Lo que hacen las cédulas es apoyar, ejemplificar e ilustrar los aspectos principales de una exhibición y básicamente deben responder a una pregunta ¿qué tiene que ver lo que estoy leyendo con la exhibición? [Serrell, 1996:2].

Una cédula interpretativa cuenta historias a partir de una narración, en lugar de utilizar una lista de hechos. Cualquier cédula que sirve para explicar, guiar, preguntar, informar o provocar –en una forma que invita la participación del lector– es interpretativa. El propósito de las cédulas interpretativas es contribuir a que el visitante tenga una experiencia integral de lo que se está exhibiendo de una manera positiva, esclarecedora, provocativa y significativa. Se pueden encontrar

cédulas en cualquier tipo de museo, donde los visitantes se enganchan con el tema de la exhibición a través de un resultado particular: dan cuenta de la comunicación de los objetivos que los diseñadores de exhibiciones han seleccionado [Serrell, 1996:9]. Pero las cédulas que acompañan a las exhibiciones interactivas en los MCC necesitan más que una simple narrativa para que el visitante pueda interpretarlas. Los textos para este tipo de exhibiciones deben guiar las actividades de los visitantes, frecuentemente en una secuencia determinada y explicar qué es lo que pasa. Si el texto es insuficiente, las cédulas fracasarán ante aquellos visitantes que tienen un mayor impulso *de hacer* que *de leer* [Serrell, 1996:165].

Un formato para las cédulas en exhibiciones interactivas fue desarrollado en el *Exploratorium* mismo que se tomó como modelo en muchos de los museos alrededor del mundo. Básicamente estas cédulas contienen cuatro secciones a manera de preguntas que son útiles para los visitantes: “¿Qué hacer? y ¿Qué notar?” y “¿Qué es lo que pasa? y ¿Eso qué?”<sup>2</sup> [Serrell, 1996:166]. Sin embargo, las cédulas contienen más componentes que evalué y que me permitieron caracterizarlos en 14 elementos, así que a continuación presento los resultados divididos en: Tabla de ausencia/presencia, matriz de distancias, dendrograma resultante, resultados preliminares, análisis de los resultados y distancias de museos cercanos y museos lejanos.

---

<sup>2</sup> En su versión original en inglés: “What to do” and “What to notice”, and “What’s going on?” and “So what?” [Serrell, 1996:166].

## Tabla de ausencia/presencia de las cédulas

Esta tabla de ausencia/presencia contiene 14 preguntas/respuestas (variables que van desde la columna Vc1 a Vc14) que se obtuvieron de la lista de cotejo que tuvo como base a las cédulas del *Exploratorium* y que son determinantes para saber cuántos MCC (filas que van de M1 al M17) conservan los rasgos creativos (variables) del museo modelo inspirador, el *Exploratorium*. El código de colores se utiliza para saber el número de MCC que conservan esas variables, donde verde claro indica un mayor número de MCC y el rojo un menor número de MCC, en la tabla 5.10 puede encontrarse un resumen de estos resultados indicado en la columna de “Número de Variables Parecidas al *Exploratorium*”.

Variables →		¿La cédula tiene título? ¿La cédula viene acompañada de gráficos o fotos? ¿El diseño de las cédulas contiene colores y diferentes tipos de tipografía? ¿La cédula contiene una breve explicación del fenómeno a exhibir? ¿La cédula tiene instrucciones? ¿Es verdad que la cédula no contiene fórmulas matemáticas o palabras complicadas? ¿Las cédulas tienen preguntas intermedias? ¿La cédula está integrada en la exhibición? ¿Es verdad que la cédula no contiene datos de una ficha bibliográfica? ¿La cédula contiene el nombre de la sección o sala de la exhibición? ¿Las cédulas contienen la sección "intenta esto" o "descúbrelo"? ¿La cédula contiene las preguntas que hacer y qué notar?														Total = $\sum V_1 \dots V_n$
Museos		Vc1	Vc2	Vc3	Vc4	Vc5	Vc6	Vc7	Vc8	Vc9	Vc10	Vc11	Vc12	Vc13	Vc14	
M1	Exploratorium	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	14
M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
M3	Palais de la Découverte (Sala Eureka)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	12
M4	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
M5	Deutsches Museum (Nuevas salas)	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	9
M6	Science Museum (Antigua sala de niños)	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	4
M7	Science Museum (Sala Launchpad)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	10
M8	Heureka	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	8
M9	Trompo Mágico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	11
M10	National Museums Scotland	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	10
M11	Cité des Sciences (Antigua sala de física)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	13
M12	Cité des Sciences (Nuevas salas)	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	8
M13	CosmoCaixa	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5
M14	At Bristol	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	13
M15	Universum (Nuevas salas)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	9
M16	Universum (Antiguas salas)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	9
M17	Papagayo	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	10
Total = $\sum M_1 \dots M_n \rightarrow$		17	16	15	14	14	14	13	12	12	10	7	3	3	3	

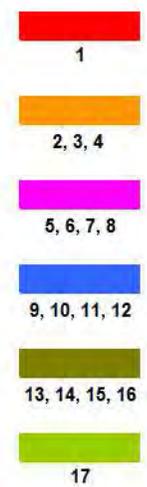


Figura 5.7.-Tabla de ausencia/presencia de las cédulas.

## Matriz de distancias de las cédulas

Esta matriz de distancias euclidianas, que se obtiene de la tabla ya mostrada de ausencia/presencia de las cédulas, indica cuáles MCC, de los 17 analizados, son cercanos o lejanos al museo modelo inspirador *Exploratorium*, en función de las 14 variables encontradas en las cédulas. Donde los museos, tanto en filas como en columnas, se indican con la siguiente numeración: 1.-Exploratorium, 2.-Palais de la Découverte (Antiguo), 3.-Palais de la Découverte (Sala Eureka), 4.-Deutsches Museum (Antigua sala de Física), 5.-Deutsches Museum (Nuevas salas), 6.-Science Museum (Antigua sala de niños), 7.-Science Museum (Sala Launchpad), 8.-Heureka, 9.-Trompo Mágico, 10.-National Museums Scotland, 11.-Cité des Sciences (Antigua sala de Física), 12.-Cité des Sciences (Nuevas salas), 13.-CosmoCaixa, 14.-At Bristol, 15.-Universum (Nuevas salas), 16.-Universum (Antiguas salas) y 17.-Papagayo. Debido a que es una tabla de disimilaridad, los valores mayores indican un grado de mayor diferencia con respecto, en este caso, al museo modelo inspirador que es el *Exploratorium*, misma que puede resumirse en la tabla 5.10 en la columna de “Matriz de Distancias”.

**Matriz de distancias**

Caso	distancia euclídea binaria																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	,000	3,162	1,414	3,162	2,236	3,162	2,000	2,449	1,732	2,000	1,000	2,449	3,000	1,000	2,236	2,236	2,000
2	3,162	,000	2,828	1,414	2,646	2,000	2,449	2,449	2,646	2,449	3,000	2,000	1,000	3,000	2,236	2,236	2,828
3	1,414	2,828	,000	2,828	1,732	2,828	1,414	2,000	1,000	1,414	1,000	2,000	2,646	1,732	1,732	1,732	2,000
4	3,162	1,414	2,828	,000	3,000	1,414	2,449	2,828	2,646	2,449	3,000	2,000	1,732	3,000	2,236	2,236	2,828
5	2,236	2,646	1,732	3,000	,000	2,646	1,732	1,000	1,414	1,732	2,000	2,236	2,449	2,000	2,000	2,000	2,236
6	3,162	2,000	2,828	1,414	2,646	,000	2,449	2,449	2,646	2,449	3,000	2,000	2,236	3,000	2,236	2,236	2,828
7	2,000	2,449	1,414	2,449	1,732	2,449	,000	2,000	1,000	,000	1,732	1,414	2,236	1,732	1,000	1,000	1,414
8	2,449	2,449	2,000	2,828	1,000	2,449	2,000	,000	1,732	2,000	2,236	2,449	2,236	2,236	2,236	2,236	2,449
9	1,732	2,646	1,000	2,646	1,414	2,646	1,000	1,732	,000	1,000	1,414	1,732	2,449	1,414	1,414	1,414	1,732
10	2,000	2,449	1,414	2,449	1,732	2,449	,000	2,000	1,000	,000	1,732	1,414	2,236	1,732	1,000	1,000	1,414
11	1,000	3,000	1,000	3,000	2,000	3,000	1,732	2,236	1,414	1,732	,000	2,236	2,828	1,414	2,000	2,000	2,236
12	2,449	2,000	2,000	2,000	2,236	2,000	1,414	2,449	1,732	1,414	2,236	,000	1,732	2,236	1,000	1,000	2,000
13	3,000	1,000	2,646	1,732	2,449	2,236	2,236	2,236	2,449	2,236	2,828	1,732	,000	2,828	2,000	2,000	2,646
14	1,000	3,000	1,732	3,000	2,000	3,000	1,732	2,236	1,414	1,732	1,414	2,236	2,828	,000	2,000	2,000	1,732
15	2,236	2,236	1,732	2,236	2,000	2,236	1,000	2,236	1,414	1,000	2,000	1,000	2,000	2,000	,000	,000	1,732
16	2,236	2,236	1,732	2,236	2,000	2,236	1,000	2,236	1,414	1,000	2,000	1,000	2,000	2,000	,000	,000	1,732
17	2,000	2,828	2,000	2,828	2,236	2,828	1,414	2,449	1,732	1,414	2,236	2,000	2,646	1,732	1,732	1,732	,000

Esta es una matriz de disimilaridades

Figura 5.8.-Matriz de distancias de las cédulas.

## Dendrograma resultante de las cédulas analizadas

El dendrograma muestra los grupos o conglomerados jerárquicos de los MCC que surgen de la tabla de ausencia/presencia, en donde se aprecian dos grandes grupos, **los museos cercanos** (museos más similares al *Exploratorium* que se agrupan dentro del recuadro de puntitos de color verde claro) y **los museos lejanos** (museos más disímiles que se agrupan dentro del recuadro de puntitos de color rosado) al museo modelo inspirador. En este dendrograma el criterio de agrupación recae en las características del *Exploratorium*, y de ahí se van agregando grupos y subgrupos que van desde los más similares a este museo modelo inspirador hasta que se agrupan los que son más disímiles, estos resultados podrán encontrarse en forma resumida en la tabla 5.10 en la columna de “Grupos de Museos”.

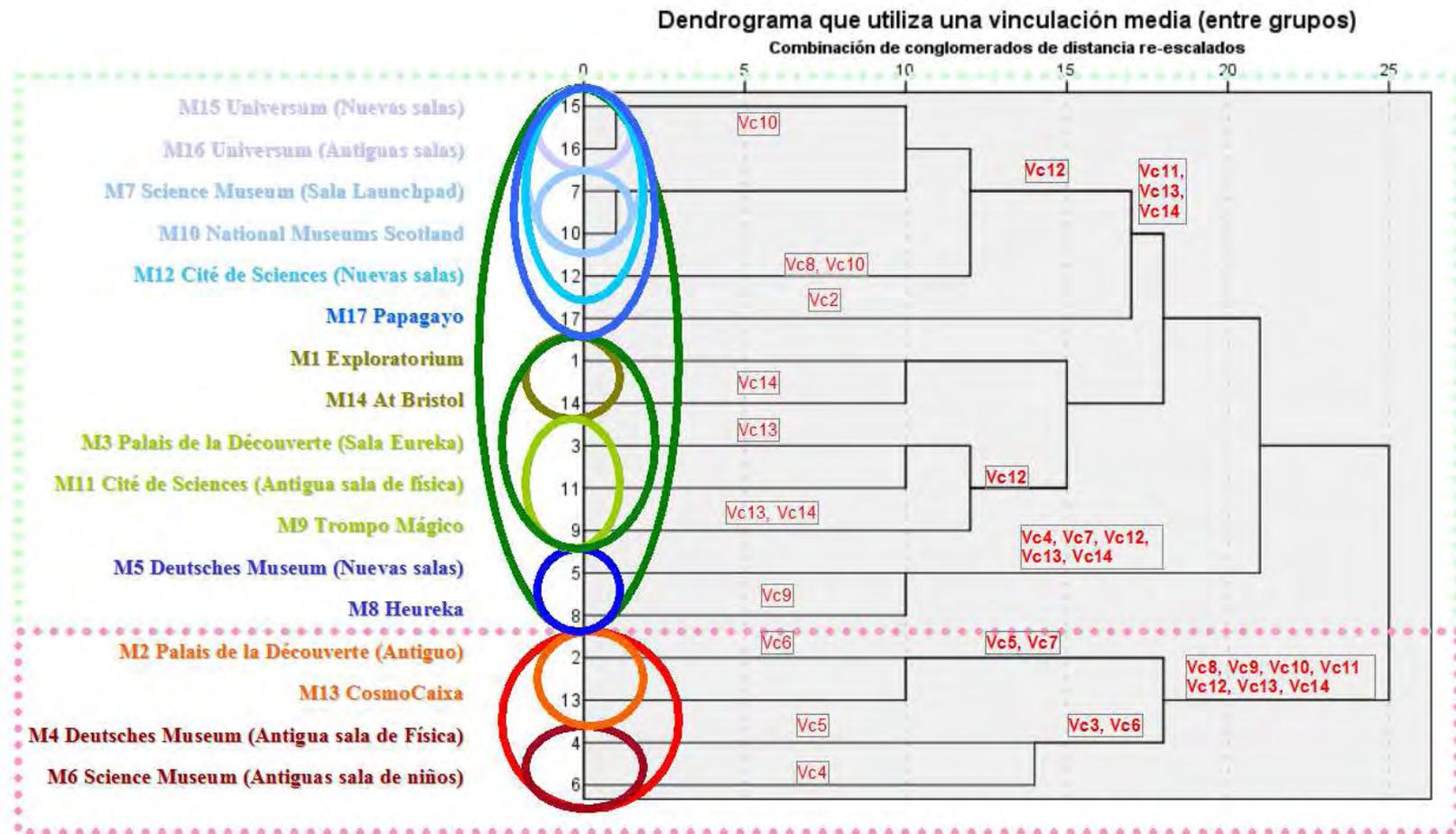


Figura 5.9.-Dendrograma de las cédulas, donde se aprecian los grupos de MCC que se forman alrededor del *Exploratorium*.

## Resultados preliminares de las cédulas

Con la ayuda de la tabla de ausencia/presencia, la matriz de distancias y el dendrograma, se obtuvieron los resultados finales de los análisis hechos a las cédulas y que se muestran en la siguiente tabla:

Resultados de los Análisis hechos a las Cédulas				
Grupos de Museos	Matriz de Distancias	Museos por Número	Museos por Nombre	Número de Variables Parecidas al Exploratorium
Museos Cercanos	0.000	M1	Exploratorium	14
	1.000	M14	At Bristol	13
	1.000	M11	Cité des Sciences (Antigua sala de física)	13
	1.414	M3	Palais de la Découverte (Sala Eureka)	12
	1.732	M9	Trompo Mágico	11
	2.000	M7	Science Museum (Sala Launchpad)	10
	2.000	M10	National Museums Scotland	10
	2.000	M17	Papagayo	10
	2.236	M16	Universum (Antiguas salas)	9
	2.236	M15	Universum (Nuevas salas)	9
	2.236	M5	Deutsches Museum (Nuevas salas)	9
	2.449	M8	Heureka	8
2.449	M12	Cité des Sciences (Nuevas salas)	8	
Museos Lejanos	3.000	M13	CosmoCaixa	5
	3.162	M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	4
	3.162	M4	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	4
	3.162	M6	Science Museum (Antigua sala de niños)	4

Tabla 5.10.-Resumen de resultados de la comparación de las cédulas en los 17 MCC.

En esta tabla, se puede apreciar el resultado de la matriz de distancias de cada uno de los museos analizados, así como el número de variables parecidas al museo modelo inspirador, en este caso, al *Exploratorium*. Si bien existen algunos traslapes entre los resultados de la matriz de distancias y el dendrograma, se pueden notar dos grandes grupos que corresponden a los museos cercanos y lejanos (colores verde claro y rosado), que a su vez se dividen en varios subgrupos, señalados por los colores de fondo de los diferentes museos de la columna “museos por nombre”. A continuación, mostraré las características específicas de cada uno de los museos analizados, con el fin de ver esos traslapes y entender cuáles son los rasgos específicos comunes que hacen que se alejen o se acerquen del museo modelo inspirador.

## Análisis de resultados de las cédulas del grupo 1 denominado **museos cercanos**

En este primer grupo, **los MCC cercanos** (museos más similares al *Exploratorium*) se dividen en 3 subgrupos: **los museos más cercanos**, **los medianamente cercanos** y **los cercanos** (ver las agrupaciones de colores en la figura 5.9 y la columna de museos por nombre de la tabla 5.10).

### Resultados de las cédulas del subgrupo 1.1 denominado **museos más cercanos**

**Los museos más cercanos** y que contienen 11, 12 ó 13 de las 14 características de las cédulas son M14 *At Bristol*, M11 *Cité des Sciences* (Antigua sala de física), M3 *Palais de la Découverte* (Sala Eureka) y M9 *Trompo Mágico*. Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Vc12, Vc13 y Vc14:

Características de las cédulas	Museos	Resultados
<p>Vc1.-Título.                      Vc2.-Gráficos o fotos.                      Vc3.-Diseño con colores y diferentes tipografías.                      Vc4.-Breve explicación del fenómeno a exhibir.                      Vc5.-Instrucciones.                      Vc6.-Forma diferente a un rectángulo típico.                      Vc7.-Sin fórmulas matemáticas o palabras complicadas.                      Vc8.-Preguntas intermedias.                      Vc9.-Está integrada en la exhibición.                      Vc10.-No contiene datos de una ficha bibliográfica.                      Vc11.-Nombre de la sección o sala.  <b>Vc12.-Sección “intenta esto” o “descúbrelo”.</b>  <b>Vc13.-Balazo.</b>  <b>Vc14.-Preguntas ¿qué hacer? y ¿qué notar?</b></p> <p>Nota: Las características que están en color rojo fuerte, indican la ausencia de ellas en todas las cédulas de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</p>	<p><b>M14 At Bristol</b>                      Ausencia de <b>Vc14.</b></p> <p><b>M11 Cité des Sciences (Antigua sala de física)</b>                      Ausencia de <b>Vc12.</b></p> <p>→ <b>M3 Palais de la Découverte (Sala Eureka)</b>                      Ausencia de <b>Vc12 y Vc13.</b></p> <p><b>M9 Trompo Mágico</b>                      Ausencia de <b>Vc12, Vc13 y Vc14.</b></p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los MCC más cercanos o parecidos al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M14 <i>At Bristol</i> y M11 <i>Cité de Sciences</i> (Antigua sala de física) ambos con una distancia euclidiana de 1.000, M3 <i>Palais de la Découverte</i> (Sala Eureka) con una distancia euclidiana de 1.414 y M9 <i>Trompo Mágico</i> con una distancia euclidiana de 1.732.</p> <p>En este caso, los museos resultaron no tener algunas de las características de las cédulas del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

## Resultados de las cédulas del subgrupo 1.2 denominado museos medianamente cercanos

Los medianamente cercanos y que contienen 8, 9 ó 10 de las 14 características de las cédulas son M7 *Science Museum* (Sala Launchpad), M10 *National Museums Scotland*, M17 *Papagayo*, M16 *Universum* (Antiguas salas), M15 *Universum* (Nuevas salas) y M12 *Cité des Sciences* (Nuevas salas). Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Vc11, Vc13 y Vc14:

Características de las cédulas	Museos	Resultados
<p>Vc1.-Título.  <b>Vc2.-Gráficos o fotos.</b>  Vc3.-Diseño con colores y diferentes tipografías.  Vc4.-Breve explicación del fenómeno a exhibir.  Vc5.-Instrucciones.  Vc6.-Forma diferente a un rectángulo típico.  Vc7.-Sin fórmulas matemáticas o palabras complicadas.  <b>Vc8.-Preguntas intermedias.</b>  Vc9.-Está integrada en la exhibición.  <b>Vc10.-No contiene datos de una ficha bibliográfica.</b>  <b>Vc11.-Nombre de la sección o sala.</b>  Vc12.-Sección “intenta esto” o “descúbrelo”.  <b>Vc13.-Balazo.</b>  <b>Vc14.-Preguntas ¿qué hacer? y ¿qué notar?</b></p> <p>Nota: Las características que están en color rojo fuerte, indican la ausencia de ellas en todas las cédulas de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</p>	<p>→ <b>M7 Science Museum (Sala Launchpad)</b>  Ausencia de <b>Vc11, Vc12, Vc13, y Vc14.</b></p> <p><b>M10 National Museums Scotland</b>  Ausencia de <b>Vc11, Vc12, Vc13, y Vc14.</b></p> <p><b>M17 Papagayo</b>  Ausencia de <b>Vc2, Vc11, Vc13, y Vc14.</b></p> <p><b>M16 Universum (Antiguas salas)</b>  Ausencia de <b>Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, y Vc14.</b></p> <p><b>M15 Universum (Nuevas salas)</b>  Ausencia de <b>Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, y Vc14.</b></p> <p><b>M12 Cité des Sciences (Nuevas salas)</b>  Ausencia de <b>Vc8, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, y Vc14.</b></p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los MCC medianamente cercanos o parecidos al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M7 <i>Science Museum</i> (Sala Launchpad), M10 <i>National Museums Scotland</i> y M17 <i>Papagayo</i> los tres con una distancia euclidiana de 2.000, M16 <i>Universum</i> (Antiguas salas) y M15 <i>Universum</i> (Nuevas salas) con una distancia euclidiana de 2.236 y M12 <i>Cité des Sciences</i> (Nuevas salas) con una distancia euclidiana de 2.449.</p> <p>En este caso, los museos resultaron no tener algunas de las características de las cédulas del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

## Resultados de las cédulas del subgrupo 1.3 denominado **los museos cercanos**

**Los museos cercanos** y que contienen 8 ó 9 de las 14 características de las cédulas son M5 *Deutsches Museum* (Nuevas salas) y M8 *Heureka*. Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Vc4, Vc7, Vc12, Vc13 y Vc14:

Características de las cédulas	Museos	Resultados
<p>Vc1.-Título.  Vc2.-Gráficos o fotos.  Vc3.-Diseño con colores y diferentes tipografías.  <b>Vc4.-Breve explicación del fenómeno a exhibir.</b>  Vc5.-Instrucciones.  Vc6.-Forma diferente a un rectángulo típico.  <b>Vc7.-Sin fórmulas matemáticas o palabras complicadas.</b>  Vc8.-Preguntas intermedias.  Vc9.-Está integrada en la exhibición.  Vc10.-No contiene datos de una ficha bibliográfica.  Vc11.-Nombre de la sección o sala.  <b>Vc12.-Sección “intenta esto” o “descúbrelo”.</b>  <b>Vc13.-Balazo.</b>  <b>Vc14.-Preguntas ¿qué hacer? y ¿qué notar?</b></p> <p>Nota: Las características que están en color rojo fuerte, indican la ausencia de ellas en todas las cédulas de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</p>	<p>→</p> <p><b>M5 Deutsches Museum (Nuevas salas)</b>  Ausencia de <b>Vc4, Vc7, Vc12, Vc13 y Vc14.</b></p> <p><b>M8 Heureka</b>  Ausencia de <b>Vc4, Vc7, Vc9, Vc12, Vc13 y Vc14.</b></p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los museos cercanos o parecidos al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M5 <i>Deutsches Museum</i> (Nuevas salas) con una distancia euclidiana de 2.236 y M8 <i>Heureka</i> con una distancia euclidiana de 2.449.</p> <p>En este caso, los museos resultaron no tener algunas de las características de las cédulas del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

## Análisis de resultados de las cédulas del grupo 2 denominado **museos lejanos**

En este segundo grupo, **los MCC lejanos** se dividen en 2 subgrupos, **los museos lejanos** y **los más lejanos** (ver las agrupaciones de colores en la figura 5.9 y la columna de museos por nombre de la tabla 5.10).

### Resultados de las cédulas del subgrupo 2.1 denominado **museos lejanos**

**Los museos lejanos** y que contienen 4 ó 5 de las 14 características de las cédulas son M13 *CosmoCaixa* y M2 *Palais de la Découverte* (Antiguo). Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Vc5, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13 y Vc14:

Características de las cédulas	Museos	Resultados
<p>Vc1.-Título.  Vc2.-Gráficos o fotos.  Vc3.-Diseño con colores y diferentes tipografías.  Vc4.-Breve explicación del fenómeno a exhibir.  <b>Vc5.-Instrucciones.</b>  Vc6.-Forma diferente a un rectángulo típico.  <b>Vc7.-Sin fórmulas matemáticas o palabras complicadas.</b>  <b>Vc8.-Preguntas intermedias.</b>  <b>Vc9.-Está integrada en la exhibición.</b>  <b>Vc10.-No contiene datos de una ficha bibliográfica.</b>  <b>Vc11.-Nombre de la sección o sala.</b>  <b>Vc12.-Sección “intenta esto” o “descúbrelo”.</b>  <b>Vc13.-Balazo.</b>  <b>Vc14.-Preguntas ¿qué hacer? y ¿qué notar?</b></p> <p>Nota: Las características que están en color rojo fuerte, indican la ausencia de ellas en todas las cédulas de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</p>	<p>→</p> <p><b>M13 CosmoCaixa</b>  Ausencia de <b>Vc5, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13 y Vc14.</b></p> <p><b>M2 Palais de la Découverte (Antiguo)</b>  Ausencia de <b>Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13 y Vc14.</b></p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los museos lejanos o diferentes al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M13 <i>CosmoCaixa</i> con una distancia euclidiana de 3.000 y M2 <i>Palais de la Découverte</i> (Antiguo) con una distancia euclidiana de 3.162.</p> <p>En este caso, los museos resultaron tener pocas características de las cédulas del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

## Resultados de las cédulas del subgrupo 2.2 denominado **museos más lejanos**

**Los museos más lejano** y que contienen 4 de las 14 características de las cédulas es M4 *Deutsches Museum* (Antigua sala de Física) y M6 *Science Museum* (Antigua sala de niños). Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Vc3, Vc6, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13 y Vc14:

Características de las cédulas	Museo	Resultados
<p>Vc1.-Título. Vc2.-Gráficos o fotos. <b>Vc3.-Diseño con colores y diferentes tipografías.</b> Vc4.-Breve explicación del fenómeno a exhibir. Vc5.-Instrucciones. <b>Vc6.-Forma diferente a un rectángulo típico.</b> Vc7.-Sin fórmulas matemáticas o palabras complicadas. <b>Vc8.-Preguntas intermedias.</b> <b>Vc9.-Está integrada en la exhibición.</b> <b>Vc10.-No contiene datos de una ficha bibliográfica.</b> <b>Vc11.-Nombre de la sección o sala.</b> <b>Vc12.-Sección “intenta esto” o “descúbrelo”.</b> <b>Vc13.-Balazo.</b> <b>Vc14.-Preguntas ¿qué hacer? y ¿qué notar?</b></p> <p>Nota: Las características que están en color rojo fuerte, indican la ausencia de ellas en todas las cédulas de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</p>	<p>→</p> <p><b>M4 Deutsches Museum (Antigua sala de Física)</b> Ausencia de <b>Vc3, Vc5, Vc6, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13 y Vc14.</b></p> <p><b>M6 Science Museum (Antigua sala de niños)</b> Ausencia de <b>Vc3, Vc4, Vc6, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13 y Vc14.</b></p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los museos más lejanos o diferentes al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M4 <i>Deutsches Museum</i> (Antigua sala de Física) y M6 <i>Science Museum</i> (Antigua sala de niños) con una distancia euclidiana de 3.162.</p> <p>En este caso, los museos resultaron tener pocas características de las cédulas del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

Con los resultados anteriores generé un diagrama (ver figura 5.11) en el que se muestran los museos cercanos y lejanos al *Exploratorium*, en base a las características de las cédulas. Del lado izquierdo coloqué los museos que sirvieron de base para su creación, los denominados museos ancestros, y del lado derecho coloqué los museos que se han creado a partir del modelo del *Exploratorium*, es decir, los museos descendientes. Cada uno de los museos contiene el número de variables que comparten con el museo modelo inspirador.

### Museos cercanos y museos lejanos al museo modelo inspirador en cuanto a cédulas

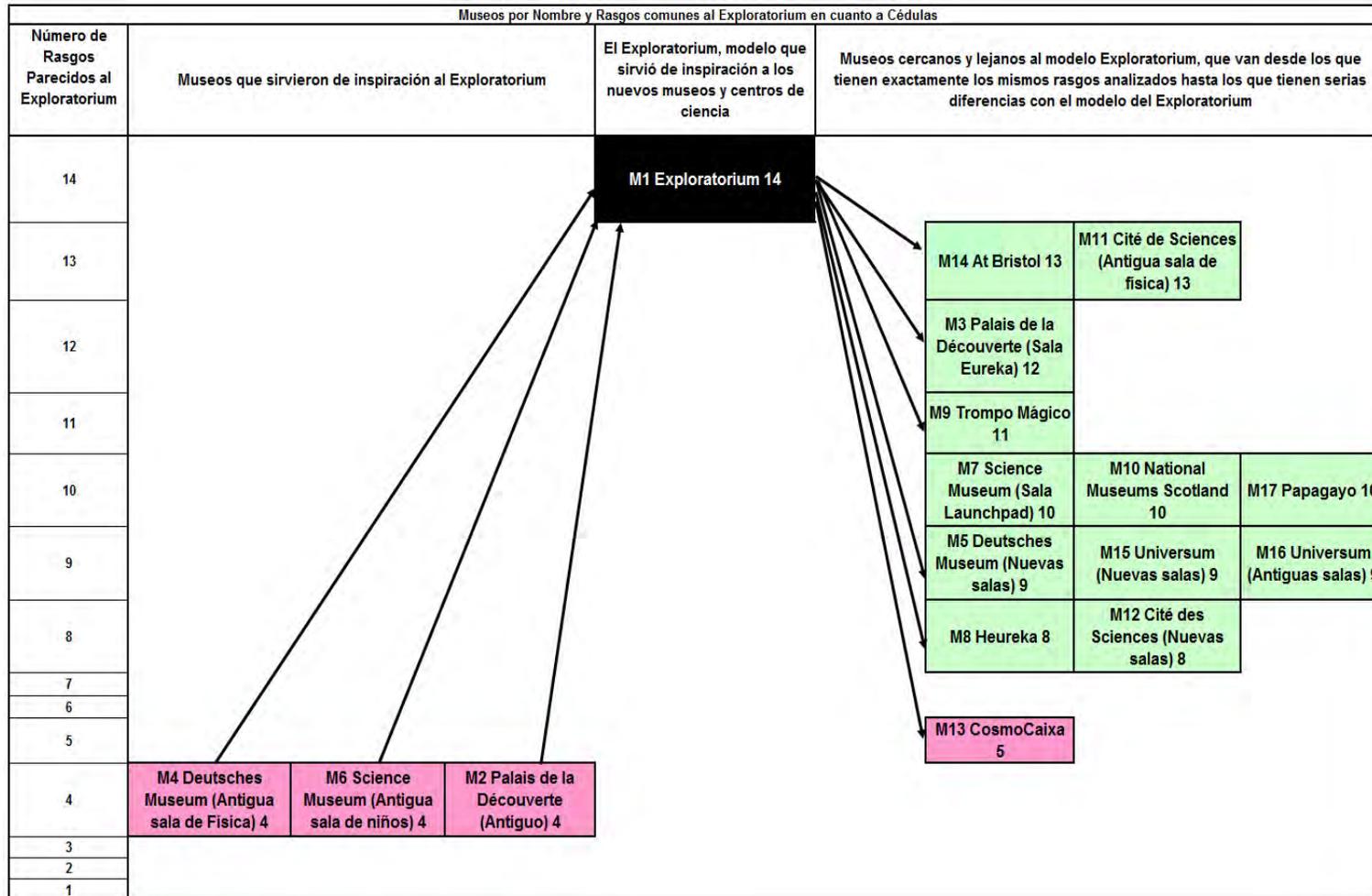


Figura 5.11.-En este diagrama se puede observar gráficamente, cuáles museos se acercan y cuáles se alejan del museo modelo inspirador *Exploratorium*, en base a las características de las cédulas.

## Conclusiones de análisis y resultados hechos a las cédulas

De los resultados anteriores quiero recalcar lo siguiente, cabe destacar que los resultados preliminares son muy parecidos a los encontrados en las exhibiciones anteriormente mostrados:

Al tomar como base al *Exploratorium*, que fue el museo modelo inspirador y que resultó ser el más creativo desde que surgieron los primeros MCC, según el modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi, con los diferentes análisis (tabla de ausencia/presencia, matriz de distancias y dendrograma), se obtuvieron principalmente dos grupos de museos, mismos que denominé museos cercanos y museos lejanos, y que pueden corroborarse en las figuras 5.7, 5.8 y 5.9.

De acuerdo con las 14 variables evaluadas en los 17 MCC, aquellas que se presentan en más museos son las más similares al *Exploratorium* y las que se presentan en menos museos son las más disímiles o diferentes a este museo modelo inspirador, ver tabla 5.10.

Con estos resultados también se puede notar que cuando se creó el *Exploratorium*, basándose principalmente en tres museos ancestros (que compartían casi los mismos rasgos o variables entre sí), no era en realidad muy cercano a ellos. De hecho, el que sea lejano de estos tres museos indica que tuvo nuevos y diferentes rasgos, que lo hizo convertirse posteriormente en un museo modelo inspirador (ver figura 5.11).

Los museos descendientes del *Exploratorium* se comportan de dos formas principalmente, los que siguen su modelo, es decir los que conservan rasgos muy parecidos y por lo tanto entran en la categoría de museos cercanos al *Exploratorium* y los que se están alejando radicalmente de este museo modelo inspirador, que da pie a pensar si en realidad lo que está pasando es que están generando un nuevo modelo de MCC o si están regresando de nuevo a los rasgos de los museos ancestros. Todas estas discusiones se verán a detalle en el siguiente capítulo, en donde se encontrarán las interpretaciones de los resultados. Por ahora, a continuación se presentan los resultados de las evaluaciones hechas a las temáticas.

*“Temáticas del Exploratorium”, Mapa del visitante en el Exploratorium, Adriana Elisa Espinosa, 2011.*



## Caracterización de Temáticas

## Las temáticas de los museos de ciencia

Cuando entramos a un MCC esperamos encontrarnos con salas que exhiban los temas científicos más sofisticados y complejos. Incluso, muchos prefieren ir a los museos de historia natural que a los de ciencia, porque por lo general se piensa que no se entenderán los temas de estos últimos o que serán muy complicados de descifrar.

Frank Oppenheimer (1968) afirma que si bien las personas piensan que los temas científicos son muy difíciles de comprender y que la tecnología es aterradora, ya que se perciben como mundos separados que son duros, fantásticos y hostiles a la humanidad; al mismo tiempo existe una necesidad creciente por contar con un ambiente que se vuelva familiar con los detalles de la ciencia y la tecnología, y que genere algún entendimiento de las mismas en la medida en que se pueda controlar y observar el comportamiento de los aparatos y la maquinaria del laboratorio. Un lugar como ese podría despertar la curiosidad latente y proporcionar, al menos respuestas parciales, sobre la ciencia y sus fenómenos. La atmósfera de laboratorio de tal “*exploratorium*” podría entonces complementarse con exposiciones históricas que mostrarían el desarrollo tanto de la ciencia como de la tecnología y sus raíces en el pasado. El propósito de un museo de ciencia y un centro de exploración podrían satisfacer esta necesidad a la par que pudiera ser entretenido pero que fuera de mucho valor para el público en general, al tiempo que sirviera como un recurso para escuelas y programas de educación de adultos [Oppenheimer, 1968:1].

Con esta idea de enseñar la ciencia como en un ambiente de laboratorio, Frank Oppenheimer ideó el museo *Exploratorium* de San Francisco, California. Él opinaba que las demostraciones y las exhibiciones del museo debían tener un atractivo estético así como un propósito pedagógico, y serían diseñadas para hacer que las cosas fueran claras al evitar el oscurantismo o la ciencia ficción. De esta forma postuló una serie de recomendaciones para la organización de un museo en diferentes áreas temáticas de la ciencia y la tecnología, con secciones que lidiaban con la psicología y con la habilidad artística asociada a las diversas áreas de la percepción. Así, Oppenheimer explica que por ejemplo el museo podría tener cinco secciones principales basadas respectivamente en el oído, la visión, el gusto y el olfato, las sensaciones de tacto (que incluyen la percepción de lo frío y lo caliente) y sobre los controles propioceptivos que forman la base del balance, locomoción y manipulación [Oppenheimer, 1968:1-2].

La sección del oído se introduciría con una colección de instrumentos, en el que las calidades tonales se demostrarían al mismo tiempo que se reproducirían. Habría una sección sobre varias escalas musicales, seguida por una sección sobre sonidos y ruidos cotidianos que harían consciente a la gente de los problemas del reconocimiento del sonido y de la memoria. Los detalles de la percepción auditiva explorarían entonces la física del sonido, es decir, el estudio de vibraciones, oscilaciones, resonancia, interferencia y reflexiones.

La otra parte se trataría de la fisiología y la histología del oído y el sistema nervioso central. La sección final explicaría la tecnología y las técnicas industriales involucradas en la reproducción del sonido, después, para introducir la electrónica, se demostraría la construcción de las bocinas y los micrófonos, la acústica de los auditorios y varios dispositivos como audífonos, teléfonos, radio, sonar, etc... [Oppenheimer, 1968:2].

Para la sección del sentido de la vista, se comenzaría con la pintura para introducir las ideas de la perspectiva y los efectos involucrados en los patrones del arte óptico (op-art) y patrones de Moiré. Uno podría moverse hacia los experimentos de psicología de la percepción visual y después a una rama de la física de la luz, por un lado, y la biología del ojo por el otro. Todo esto conduciría a la tecnología, que incluiría la manufactura del pigmento, instrumentos ópticos, manufactura del vidrio, televisión y fotografía, luz, dispositivos infrarrojos y ultravioleta y láseres. También sería apropiado demostrar el uso de la radiación de alta energía en tejidos biológicos y otros aspectos de la tecnología médica [Oppenheimer, 1968:2].

Se procedería de la misma forma con el sentido del gusto y del olfato, comenzando con la comida y el perfume, después se desarrollarían algunos aspectos de química y se terminaría con la basta y misteriosa tecnología de la industria alimenticia y de cosméticos. La cuarta sección comenzaría con el vestido y la vivienda, pasando

por una sección sobre la percepción de lo caliente, lo frío y lo rugoso, y después se desarrollaría la física del calor para luego conducir a la sección sobre la producción industrial de fibras y materiales de construcción [Oppenheimer, 1968:2].

Finalmente, la sección sobre control involucraría la danza, atletas y varias habilidades como el balance en varillas sobre un dedo o rodar en bicicleta. Esto demostraría los mecanismos propioceptivos del cuerpo y podría entonces ramificarse hacia las matemáticas de los mecanismos de retroalimentación y la fisiología de los músculos, los nervios y los canales semicirculares, etc... y terminar con la sofisticada tecnología de control de mecanismos en la industria y la tecnología [Oppenheimer, 1968:2].

Todas las temáticas anteriores fueron propuestas por Frank Oppenheimer para la creación de cualquier museo de ciencia e incluyó la mayoría en su *Exploratorium* que se abrió en 1969, mismas que más museos de ciencia tomaron como base para realizar sus exhibiciones. Para la presente investigación evalué 22 temáticas que principalmente se encontraban en el *Exploratorium* al momento de hacerlo en 2011, así que a continuación presento los resultados divididos en: Tabla de ausencia/presencia, matriz de distancias, dendrograma resultante, resultados preliminares, análisis de los resultados y distancias de museos cercanos y museos lejanos.

## Tabla de ausencia/presencia de las temáticas

Esta tabla de ausencia/presencia contiene 22 preguntas/respuestas (variables que van desde la columna Vt1 a Vt22) que se obtuvieron de la lista de cotejo que tuvo como base a las temáticas en el *Exploratorium* y que son determinantes para saber cuántos MCC (filas que van de M1 al M17) conservan los rasgos creativos (variables) del museo modelo inspirador, el *Exploratorium*. El código de colores se utiliza para saber el número de MCC que conservan esas variables, donde verde claro indica un mayor número MCC y el rojo un menor número de MCC, en la tabla 5.15 puede encontrarse un resumen de estos resultados indicado en la columna de “Número de Variables Parecidas al Exploratorium”.

Variables →		¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la energía? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del calor y la temperatura? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del sonido y el oído? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la electricidad y el magnetismo? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de las matemáticas y los patrones? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del agua? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la visión y la percepción? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de las ondas, la dinámica y la resonancia? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la luz? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la química? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la astronomía y el movimiento? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la mecánica, la dinámica y el sistema solar? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la geología y los materiales? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del color? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la ingeniería y la estructura? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la biología? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del olfato, el gusto y el tacto? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la mente? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del lenguaje y el habla? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la navegación? ¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la anatomía humana?																						Total = $\sum V_1 \dots V_n$
Museos	Vt1	Vt2	Vt3	Vt4	Vt5	Vt6	Vt7	Vt8	Vt9	Vt10	Vt11	Vt12	Vt13	Vt14	Vt15	Vt16	Vt17	Vt18	Vt19	Vt20	Vt21	Vt22		
M1 Exploratorium	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	
M2 Palais de la Découverte (Antiguo)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	
M3 Palais de la Découverte (Sala Eureka)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	13	
M4 Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	14	
M5 Deutsches Museum (Nuevas salas)	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	14	
M6 Science Museum (Antigua sala de niños)	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	
M7 Science Museum (Sala Launchpad)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	16	
M8 Heureka	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	20	
M9 Trompo Mágico	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	19	
M10 National Museums Scotland	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	21	
M11 Cité des Sciences (Antigua sala de física)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	15	
M12 Cité des Sciences (Nuevas salas)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	
M13 CosmoCaixa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	20	
M14 At Bristol	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	21	
M15 Universum (Nuevas salas)	1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	14	
M16 Universum (Antiguas salas)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	22	
M17 Papagayo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	20	
Total = $\sum M_1 \dots M_n$ →	17	17	17	16	16	16	16	15	15	15	15	14	13	13	13	13	12	11	11	10	10	9		

1

2, 3, 4

5, 6, 7, 8

9, 10, 11, 12

13, 14, 15, 16

17

Figura 5.12.-Tabla de ausencia/presencia de las temáticas.

## Matriz de distancias de las temáticas

Esta matriz de distancias euclidianas, que se obtiene de la tabla ya mostrada de ausencia/presencia de las temáticas, indica cuáles MCC, de los 17 analizados, son cercanos o lejanos al museo modelo inspirador *Exploratorium*, en función de las 22 variables encontradas en las temáticas. Donde los museos, tanto en filas como en columnas, se indican con la siguiente numeración: 1.-Exploratorium, 2.-Palais de la Découverte (Antiguo), 3.-Palais de la Découverte (Sala Eureka), 4.-Deutsches Museum (Antigua sala de Física), 5.-Deutsches Museum (Nuevas salas), 6.-Science Museum (Antigua sala de niños), 7.-Science Museum (Sala Launchpad), 8.-Heureka, 9.-Trompo Mágico, 10.-National Museums Scotland, 11.-Cité des Sciences (Antigua sala de Física), 12.-Cité des Sciences (Nuevas salas), 13.-CosmoCaixa, 14.-At Bristol, 15.-Universum (Nuevas salas), 16.-Universum (Antiguas salas) y 17.-Papagayo. Debido a que es una tabla de disimilaridad, los valores mayores indican un grado de mayor diferencia con respecto, en este caso, al museo modelo inspirador que es el *Exploratorium*, misma que puede resumirse en la tabla 5.15 en la columna de “Matriz de Distancias”.

Matriz de distancias																	
Caso	distancia euclídea																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	,000	,000	3,000	2,828	2,828	3,606	2,449	1,414	1,732	1,000	2,646	,000	1,414	1,000	2,828	,000	1,414
2	,000	,000	3,000	2,828	2,828	3,606	2,449	1,414	1,732	1,000	2,646	,000	1,414	1,000	2,828	,000	1,414
3	3,000	3,000	,000	1,732	3,317	2,000	1,732	2,646	3,162	3,162	2,000	3,000	2,646	2,828	3,606	3,000	3,317
4	2,828	2,828	1,732	,000	3,162	2,236	2,000	2,828	3,000	3,000	1,732	2,828	2,449	3,000	3,742	2,828	2,828
5	2,828	2,828	3,317	3,162	,000	3,606	2,828	3,162	3,317	2,646	3,000	2,828	2,449	3,000	2,449	2,828	3,162
6	3,606	3,606	2,000	2,236	3,606	,000	2,646	3,317	3,162	3,464	2,449	3,606	3,317	3,464	3,873	3,606	3,317
7	2,449	2,449	1,732	2,000	2,828	2,646	,000	2,000	2,646	2,646	1,732	2,449	2,000	2,236	3,162	2,449	2,828
8	1,414	1,414	2,646	2,828	3,162	3,317	2,000	,000	1,732	1,732	2,646	1,414	2,000	1,000	2,828	1,414	2,000
9	1,732	1,732	3,162	3,000	3,317	3,162	2,646	1,732	,000	2,000	2,828	1,732	2,236	1,414	3,000	1,732	1,000
10	1,000	1,000	3,162	3,000	2,646	3,464	2,646	1,732	2,000	,000	2,828	1,000	1,732	1,414	2,646	1,000	1,732
11	2,646	2,646	2,000	1,732	3,000	2,449	1,732	2,646	2,828	2,828	,000	2,646	2,236	2,828	3,606	2,646	2,646
12	,000	,000	3,000	2,828	2,828	3,606	2,449	1,414	1,732	1,000	2,646	,000	1,414	1,000	2,828	,000	1,414
13	1,414	1,414	2,646	2,449	2,449	3,317	2,000	2,000	2,236	1,732	2,236	1,414	,000	1,732	2,828	1,414	2,000
14	1,000	1,000	2,828	3,000	3,000	3,464	2,236	1,000	1,414	1,414	2,828	1,000	1,732	,000	2,646	1,000	1,732
15	2,828	2,828	3,606	3,742	2,449	3,873	3,162	2,828	3,000	2,646	3,606	2,828	2,828	2,646	,000	2,828	3,162
16	,000	,000	3,000	2,828	2,828	3,606	2,449	1,414	1,732	1,000	2,646	,000	1,414	1,000	2,828	,000	1,414
17	1,414	1,414	3,317	2,828	3,162	3,317	2,828	2,000	1,000	1,732	2,646	1,414	2,000	1,732	3,162	1,414	,000

Esta es una matriz de disimilaridades

Figura 5.13.-Matriz de distancias de las temáticas.

## Dendrograma resultante de las temáticas analizadas

El dendrograma muestra los grupos o conglomerados jerárquicos de los MCC que surgen de la tabla de ausencia/presencia, en donde se aprecian dos grandes grupos, **los museos cercanos** (museos más similares al *Exploratorium* que se agrupan dentro del recuadro de puntitos de color verde claro) y **los museos lejanos** (museos más disímiles que se agrupan dentro del recuadro de puntitos de color rosado) al museo modelo inspirador. En este dendrograma el criterio de agrupación recae en las características del *Exploratorium*, y de ahí se van agregando grupos y subgrupos que van desde los más similares a este museo modelo inspirador hasta que se agrupan los que son más disímiles, estos resultados podrán encontrarse en forma resumida en la tabla 5.15 en la columna de “Grupos de Museos”.

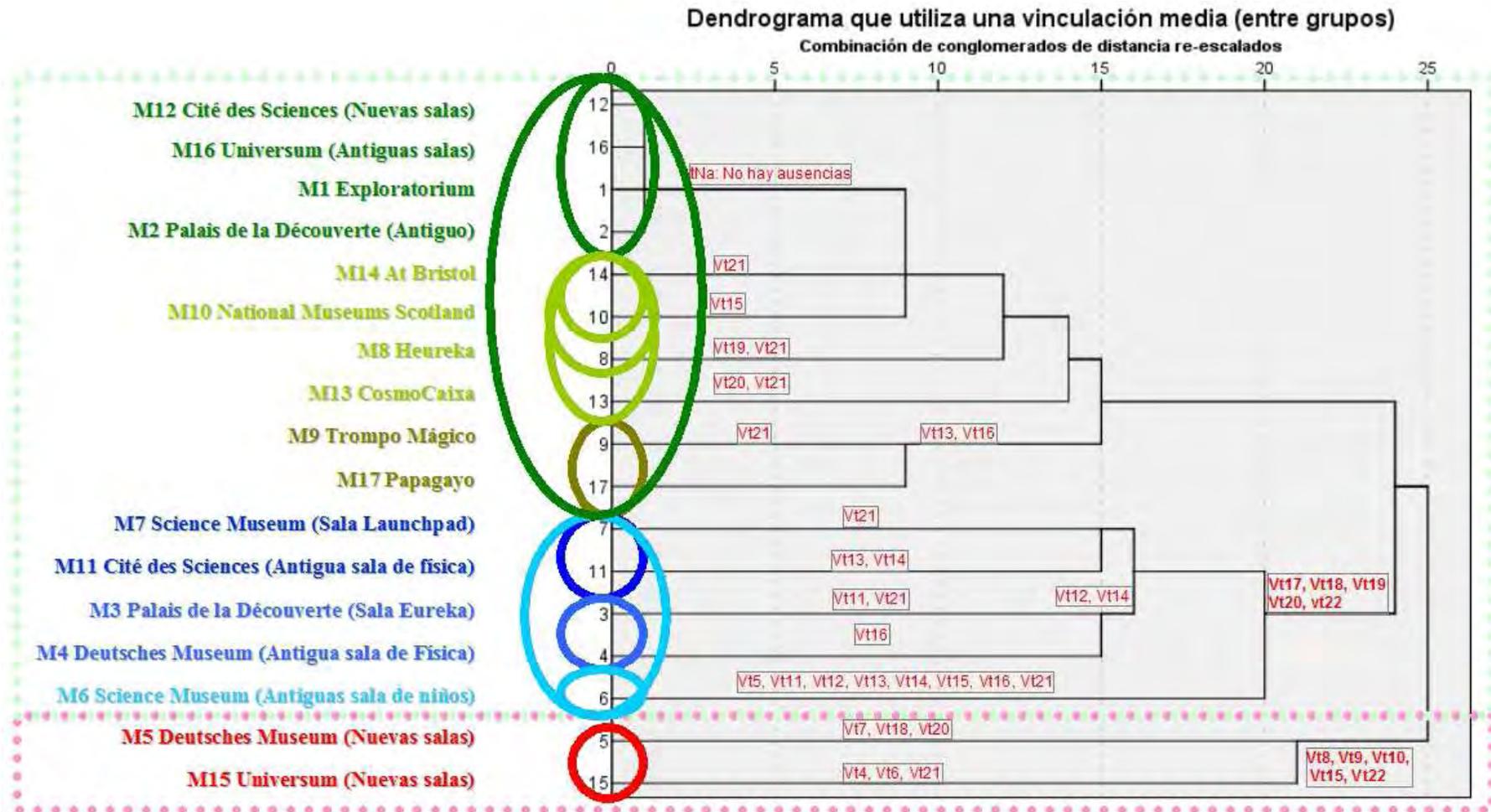


Figura 5.14.- Dendrograma de las temáticas, donde se aprecian los grupos de MCC que se forman alrededor del *Exploratorium*.

## Resultados preliminares de las temáticas

Con la ayuda de la tabla de ausencia/presencia, la matriz de distancias y el dendrograma, se obtuvieron los resultados finales de los análisis hechos a las temáticas. Éstos se muestran en la siguiente tabla:

Resultados de los Análisis hechos a las Temáticas				
Grupos de Museos	Matriz de Distancias	Museos por Número	Museos por Nombre	Número de Variables Parecidas al Exploratorium
Museos Cercanos	0.000	M1	Exploratorium	22
	0.000	M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	22
	0.000	M12	Cité des Sciences (Nuevas salas)	22
	0.000	M16	Universum (Antiguas salas)	22
	1.000	M14	At Bristol	21
	1.000	M10	National Museums Scotland	21
	1.414	M13	CosmoCaixa	20
	1.414	M8	Heureka	20
	1.414	M17	Papagayo	20
	1.732	M9	Trompo Mágico	19
	2.449	M7	Science Museum (Sala Launchpad)	16
	2.646	M11	Cité des Sciences (Antigua sala de física)	15
	2.828	M4	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	14
Museos Lejanos	2.828	M5	Deutsches Museum (Nuevas salas)	14
	2.828	M15	Universum (Nuevas salas)	14
Museos Cercanos	3.000	M3	Palais de la Découverte (Sala Eureka)	13
	3.606	M6	Science Museum (Antigua sala de niños)	9

Tabla 5.15.-Resumen de resultados de la comparación de las temáticas en los 17 MCC.

En esta tabla, se puede apreciar el resultado de la matriz de distancias de cada uno de los museos analizados, así como el número de variables parecidas al museo modelo inspirador, en este caso, al *Exploratorium*. Si bien existen algunos traslapes entre los resultados de la matriz de distancias y el dendrograma, se pueden notar dos grandes grupos que corresponden a los museos cercanos y lejanos (colores verde claro y rosado), que a su vez se dividen en varios subgrupos, señalados por los colores de fondo de los diferentes museos de la columna “museos por nombre”. A continuación, mostraré las características específicas de cada uno de los museos analizados, con el fin de ver esos traslapes y entender cuáles son los rasgos específicos comunes que hacen que se alejen o se acerquen del museo modelo inspirador.

## Análisis de resultados de las temáticas del grupo 1 denominado **museos cercanos**

En este primer grupo, **los MCC cercanos** (museos más similares al *Exploratorium*) se dividen en 3 subgrupos: **los museos iguales**, **los museos más cercanos**, y **los museos cercanos** (ver las agrupaciones de colores en la figura 5.14 y la columna de museos por nombre de la tabla 5.15).

### Resultados de las temáticas del subgrupo 1.1 denominado **los museos iguales**

**Los museos iguales** y que contienen las 22 características de las temáticas del *Exploratorium* son M2 *Palais de la Découverte* (Antiguo), M12 *Cité des Sciences* (Nuevas salas) y M16 *Universum* (Antiguas salas). Este grupo comparte la característica denominada tNa:

Características de las temáticas	
Vt1.-Hay exhibiciones dedicadas a la energía. Vt2.-Hay exhibiciones dedicadas al calor y la temperatura. Vt3.-Hay exhibiciones dedicadas al sonido y al oído. Vt4.-Hay exhibiciones dedicadas a la electricidad y magnetismo. Vt5.-Hay exhibiciones dedicadas a las matemáticas y patrones. Vt6.-Hay exhibiciones dedicadas al agua. Vt7.-Hay exhibiciones dedicadas a la visión y la percepción. Vt8.-Hay exhibiciones dedicadas a la mecánica, dinámica y movimiento. Vt9.-Hay exhibiciones dedicadas a las ondas y resonancia. Vt10.-Hay exhibiciones dedicadas a la luz. Vt11.-Hay exhibiciones dedicadas a la química.	Vt12.-Hay exhibiciones dedicadas a la astronomía y el sistema solar. Vt13.-Hay exhibiciones dedicadas a la geología y los materiales. Vt14.-Hay exhibiciones dedicadas al clima. Vt15.-Hay exhibiciones dedicadas al color. Vt16.-Hay exhibiciones dedicadas a la ingeniería y a la estructura. Vt17.-Hay exhibiciones dedicadas a la biología. Vt18.-Hay exhibiciones dedicadas al olfato, gusto y tacto. Vt19.-Hay exhibiciones dedicadas a la mente. Vt20.-Hay exhibiciones dedicadas al lenguaje y el habla. Vt21.-Hay exhibiciones dedicadas a la navegación. Vt22.-Hay exhibiciones dedicadas a la anatomía humana.



Museos	Resultados
<b>M2 Palais de la Découverte (Antiguo)</b> tNa (No hay ausencias)	De acuerdo con la matriz de distancias los MCC más cercanos o parecidos al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M2 <i>Palais de la Découverte</i> (Antiguo), M12 <i>Cité des Sciences</i> (Nuevas salas) y M16 <i>Universum</i> (Antiguas salas) todos con una distancia euclidiana de 0.000.
<b>M12 Cité des Sciences (Nuevas salas)</b> tNa (No hay ausencias)	
<b>M16 Universum (Antiguas salas)</b> tNa (No hay ausencias)	

## Resultados de las temáticas del subgrupo 1.2 denominado **los museos más cercanos**

**Los museos más cercanos** y que contienen 19, 20 ó 21 de las 22 características de las temáticas del *Exploratorium* son M14 *At Bristol*, M10 *National Museums Scotland*, M13 *CosmoCaixa*, M8 *Heureka*, M17 *Papagayo* y M9 *Trompo Mágico*. Este grupo no comparte la ausencia de ninguna característica principal en común, pero entre ellas se van agrupando en cascada:

<b>Características de las temáticas</b>	
<p>Vt1.-Hay exhibiciones dedicadas a la energía.            Vt2.-Hay exhibiciones dedicadas al calor y la temperatura.            Vt3.-Hay exhibiciones dedicadas al sonido y al oído.            Vt4.-Hay exhibiciones dedicadas a la electricidad y magnetismo.            Vt5.-Hay exhibiciones dedicadas a las matemáticas y patrones.            Vt6.-Hay exhibiciones dedicadas al agua.            Vt7.-Hay exhibiciones dedicadas a la visión y la percepción.            Vt8.-Hay exhibiciones dedicadas a la mecánica, dinámica y movimiento.            Vt9.-Hay exhibiciones dedicadas a las ondas y resonancia.            Vt10.-Hay exhibiciones dedicadas a la luz.            Vt11.-Hay exhibiciones dedicadas a la química.</p>	<p>Vt12.-Hay exhibiciones dedicadas a la astronomía y el sistema solar.  <b>Vt13.-Hay exhibiciones dedicadas a la geología y los materiales.</b>            Vt14.-Hay exhibiciones dedicadas al clima.  <b>Vt15.-Hay exhibiciones dedicadas al color.</b>  <b>Vt16.-Hay exhibiciones dedicadas a la ingeniería y a la estructura.</b>            Vt17.-Hay exhibiciones dedicadas a la biología.            Vt18.-Hay exhibiciones dedicadas al olfato, gusto y tacto.  <b>Vt19.-Hay exhibiciones dedicadas a la mente.</b>  <b>Vt20.-Hay exhibiciones dedicadas al lenguaje y el habla.</b>  <b>Vt21.-Hay exhibiciones dedicadas a la navegación.</b>  <b>Vt22.-Hay exhibiciones dedicadas a la anatomía humana.</b></p>
<p><b>Nota: Las características que están en color rojo fuerte indican la ausencia de ellas en todas las temáticas de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</b></p>	





<b>Museos</b>	<b>Resultados</b>
<p><b>M14 At Bristol</b> Ausencia de Vt21.</p> <p><b>M10 National Museums Scotland</b> Ausencia de Vt15.</p> <p><b>M13 CosmoCaixa</b> Ausencia de Vt20 y Vt22.</p> <p><b>M8 Heureka</b> Ausencia de Vt19 y Vt21.</p> <p><b>M17 Papagayo</b> Ausencia de Vt13 y Vt16.</p> <p><b>M9 Trompo Mágico</b> Ausencia de Vt13, Vt16 y Vt21.</p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los MCC más cercanos o parecidos al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M14 <i>At Bristol</i> y M10 <i>National Museums Scotland</i> con una distancia euclidiana de 1.000, M13 <i>CosmoCaixa</i>, M8 <i>Heureka</i> y M17 <i>Papagayo</i> estos tres con una distancia euclidiana de 1.414, y M9 <i>Trompo Mágico</i> con una distancia euclidiana de 1.732.</p> <p>En este caso, los museos resultaron tener muchas de las características de las temáticas del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

## Resultados de las temáticas del subgrupo 1.3 denominado **museos cercanos**

**Los museos cercanos** y que contienen de 9 y de 13 a 16 de las 22 características de las temáticas del *Exploratorium* son M7 *Science Museum* (Sala Launchpad), M11 *Cité des Sciences* (Antigua sala de física), M4 *Deutsches Museum* (Antigua sala de física), M3 *Palais de la Découverte* (Sala Eureka) y M6 *Science Museum* (Antigua sala de niños). Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Vt17, Vt18, Vt19, Vt20 y Vt22:

<b>Características de las temáticas</b>	
Vt1.-Hay exhibiciones dedicadas a la energía. Vt2.-Hay exhibiciones dedicadas al calor y la temperatura. Vt3.-Hay exhibiciones dedicadas al sonido y al oído. Vt4.-Hay exhibiciones dedicadas a la electricidad y magnetismo. <b>Vt5.-Hay exhibiciones dedicadas a las matemáticas y patrones.</b> Vt6.-Hay exhibiciones dedicadas al agua. Vt7.-Hay exhibiciones dedicadas a la visión y la percepción. Vt8.-Hay exhibiciones dedicadas a la mecánica, dinámica y movimiento. Vt9.-Hay exhibiciones dedicadas a las ondas y resonancia. Vt10.-Hay exhibiciones dedicadas a la luz. <b>Vt11.-Hay exhibiciones dedicadas a la química.</b>	<b>Vt12.-Hay exhibiciones dedicadas a la astronomía y el sistema solar.</b> <b>Vt13.-Hay exhibiciones dedicadas a la geología y los materiales.</b> <b>Vt14.-Hay exhibiciones dedicadas al clima.</b> <b>Vt15.-Hay exhibiciones dedicadas al color.</b> <b>Vt16.-Hay exhibiciones dedicadas a la ingeniería y a la estructura.</b> <b>Vt17.-Hay exhibiciones dedicadas a la biología.</b> <b>Vt18.-Hay exhibiciones dedicadas al olfato, gusto y tacto.</b> <b>Vt19.-Hay exhibiciones dedicadas a la mente.</b> <b>Vt20.-Hay exhibiciones dedicadas al lenguaje y el habla.</b> Vt21.-Hay exhibiciones dedicadas a la navegación. <b>Vt22.-Hay exhibiciones dedicadas a la anatomía humana.</b>
<b>Nota: Las características que están en color rojo fuerte indican la ausencia de ellas en todas las temáticas de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.</b>	





Museos	Resultados
<p><b>M7 Science Museum (Sala Launchpad)</b> Ausencia de <b>Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21 y Vt22.</b></p> <p><b>M11 Cité des Sciences (Antigua sala de fisica)</b> Ausencia de Vt13, Vt14, <b>Vt17, Vt18, Vt19, Vt20 y Vt22.</b></p> <p><b>M4 Deutsches Museum (Antigua sala de fisica)</b> Ausencia de Vt12, Vt14, Vt16, <b>Vt17, Vt18, Vt19, Vt20 y Vt22.</b></p> <p><b>M3 Palais de la Découverte (Sala Eureka)</b> Ausencia de Vt11, Vt12, Vt14, <b>Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21 y Vt22.</b></p> <p><b>M6 Science Museum (Antigua sala de niños)</b> Ausencia de Vt5, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, <b>Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21 y Vt22.</b></p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los MCC lejanos o diferentes al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M7 <i>Science Museum</i> (Sala Launchpad) con una distancia euclidiana de 2.449, M11 <i>Cité des Sciences</i> (Antigua sala de fisica) con una distancia euclidiana de 2.646, M4 <i>Deutsches Museum</i> (Antigua sala de fisica) con una distancia euclidiana de 2.828, M3 <i>Palais de la Découverte</i> (Sala Eureka) con una distancia euclidiana de 3.000 y M6 <i>Science Museum</i> (Antigua sala de niños) con una distancia euclidiana de 3.606.</p> <p>En este caso, los museos resultaron tener algunas de las características de las temáticas del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

## Análisis de resultados de las temáticas del grupo 2 denominado **museos lejanos**

En este segundo grupo, **los MCC lejanos** se agrupan en un solo grupo llamado **museos más lejanos** (ver las agrupaciones de colores en la figura 5.14 y la columna de museos por nombre de la tabla 5.15).

### Resultados de las temáticas del grupo 2.1 denominado **museos más lejanos**

**Los museos más lejanos** y que contienen 14 de las 22 características de las temáticas del *Exploratorium* son M5 *Deutsches Museum* (Nuevas salas) y M15 *Universum* (Nuevas salas). Este grupo comparte la ausencia de las características principales denominadas Vt8, Vt9, Vt10, Vt15 y Vt22:

Características de las temáticas	
Vt1.-Hay exhibiciones dedicadas a la energía. Vt2.-Hay exhibiciones dedicadas al calor y la temperatura. Vt3.-Hay exhibiciones dedicadas al sonido y al oído. <b>Vt4.-Hay exhibiciones dedicadas a la electricidad y magnetismo.</b> Vt5.-Hay exhibiciones dedicadas a las matemáticas y patrones. <b>Vt6.-Hay exhibiciones dedicadas al agua.</b> <b>Vt7.-Hay exhibiciones dedicadas a la visión y la percepción.</b> <b>Vt8.-Hay exhibiciones dedicadas a la mecánica, dinámica y movimiento.</b> <b>Vt9.-Hay exhibiciones dedicadas a las ondas y resonancia.</b> <b>Vt10.-Hay exhibiciones dedicadas a la luz.</b> Vt11.-Hay exhibiciones dedicadas a la química.	Vt12.-Hay exhibiciones dedicadas a la astronomía y el sistema solar. Vt13.-Hay exhibiciones dedicadas a la geología y los materiales. Vt14.-Hay exhibiciones dedicadas al clima. <b>Vt15.-Hay exhibiciones dedicadas al color.</b> Vt16.-Hay exhibiciones dedicadas a la ingeniería y a la estructura. Vt17.-Hay exhibiciones dedicadas a la biología. <b>Vt18.-Hay exhibiciones dedicadas al olfato, gusto y tacto.</b> Vt19.-Hay exhibiciones dedicadas a la mente. <b>Vt20.-Hay exhibiciones dedicadas al lenguaje y el habla.</b> <b>Vt21.-Hay exhibiciones dedicadas a la navegación.</b> <b>Vt22.-Hay exhibiciones dedicadas a la anatomía humana.</b>
Nota: Las características que están en color rojo fuerte indican la ausencia de ellas en todas las temáticas de los museos analizados de este subgrupo y las que están en rojo claro solamente en algunas de ellas.	



↓

Museos	Resultados
<p><b>M5 Deutsches Museum (Nuevas salas)</b> Ausencia de Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt15, Vt18, Vt20 y Vt22.</p> <p><b>M15 Universum (Nuevas salas)</b> Ausencia de Vt4, Vt6, Vt8, Vt9, Vt10, Vt15, Vt21 y Vt22.</p>	<p>De acuerdo con la matriz de distancias, los MCC más lejanos o diferentes al museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i> resultaron ser: M5 <i>Deutsches Museum</i> (Nuevas salas) y M15 <i>Universum</i> (Nuevas salas) ambos con una distancia euclidiana de 2.828.</p> <p>En este caso, los museos resultaron tener sólo algunas de las características de las temáticas del museo modelo inspirador <i>Exploratorium</i>.</p>

Con los resultados anteriores generé un diagrama (ver figura 5.16) en el que se muestran los museos cercanos y lejanos al *Exploratorium*, en base a las características de las temáticas. Del lado izquierdo coloqué los museos que sirvieron de base para su creación, los denominados museos ancestros, y del lado derecho coloqué los museos que se han creado a partir del modelo del *Exploratorium*, es decir, los museos descendientes. Cada uno de los museos contiene el número de variables que comparten con el museo modelo inspirador.

## Museos cercanos y museos lejanos al museo modelo inspirador en cuanto a temáticas

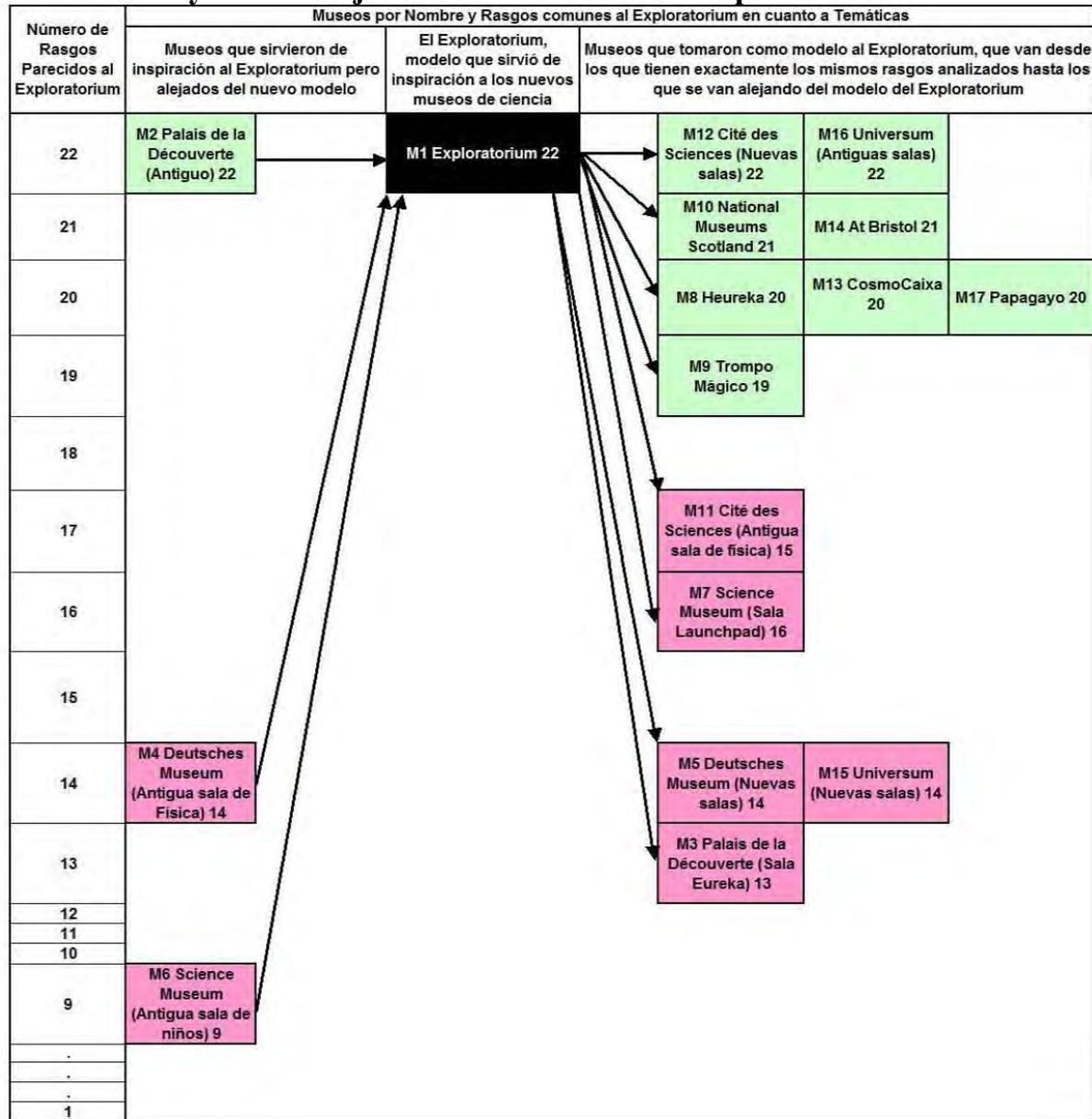


Figura 5.16.-En este diagrama, se puede observar gráficamente cuáles museos se acercan y cuáles se alejan del museo modelo inspirador *Exploratorium* en base a las características de las temáticas.

## Conclusiones de análisis y resultados hechos a las temáticas

De los resultados anteriores quiero recalcar lo siguiente, cabe destacar que los resultados preliminares son muy parecidos a los encontrados en las exhibiciones y las cédulas anteriormente mostrados:

Al tomar como base al *Exploratorium*, que fue el museo modelo inspirador y que resultó ser el más creativo desde que surgieron los primeros MCC, según el modelo de creatividad de Mihaly Csikszentmihalyi, con los diferentes análisis (tabla de ausencia/presencia, matriz de distancias y dendrograma), se obtuvieron principalmente dos grupos de museos, mismos que denominé museos cercanos y museos lejanos, y que pueden corroborarse en las figuras 5.12, 5.13 y 5.14.

De acuerdo con las 22 variables evaluadas en los 17 MCC, aquellas que se presentan en más museos son las más similares al *Exploratorium* y las que se presentan en menos museos son las más disímiles o diferentes a este museo modelo inspirador, ver tabla 5.15.

Con estos resultados también se puede notar que cuando se creó el *Exploratorium*, basándose principalmente en tres museos ancestros (que compartían casi los mismos rasgos o variables entre sí), no era en realidad muy cercano a ellos. De hecho, el que sea lejano de estos tres museos indica que tuvo nuevos y diferentes rasgos, que lo hizo convertirse posteriormente en un museo modelo inspirador (ver figura 5.16).

Los museos descendientes del *Exploratorium* se comportan de dos formas principalmente, los que siguen su modelo, es decir los que conservan rasgos muy parecidos y por lo tanto entran en la categoría de museos cercanos al *Exploratorium* y los que se están alejando radicalmente de este museo modelo inspirador, que da pie a pensar si en realidad lo que está pasando es que están generando un nuevo modelo de MCC o si están regresando de nuevo a los rasgos de los museos ancestros. Todas estas discusiones se verán a detalle en el siguiente capítulo, en donde se encontrarán las interpretaciones de los resultados, tanto de exhibiciones como de cédulas y temáticas.



Evaluación de la creatividad en productos de divulgación de la ciencia: un modelo para los museos y centros de ciencia. Adriana Elisa Espinosa.

# Capítulo 6

## Rasgos creativos en los Museos de Ciencia

Diversas fotos tomadas de los museos por Adriana Elisa Espinosa: Papagayo (2012), Trompo Mágico (2011), CosmoCaixa (2011), Exploratorium (2011 y 2012), At Bristol (2011), Deutsches Museum (2011), National Museums Scotland (2011), Palais de la Découverte (2011), Heureka (2007) y Cité des Sciences (2011).

## Capítulo 6

### Rasgos creativos en los museos y centros de ciencia

“Cuenta lo que es contable, mide lo que se puede medir y lo que no, hazlo medible.”

–Galileo Galilei.

#### Introducción

Recapitulando lo que hice anteriormente, se puede observar que para obtener los rasgos creativos de los diferentes museos y centros de ciencia (MCC), primero hice una lista de cotejo de unos 330 elementos que evalué al hacer un recorrido por 17 museos alrededor del mundo, los cuales se agruparon en 15 conjuntos diferentes (ver figura 4.3) y de los que se seleccionaron 3 (exhibiciones, cédulas y temáticas), con un total de 79 elementos que fueron los más adecuados y objetivos posibles, distribuidos en 43 preguntas/respuestas para exhibiciones, 14 para cédulas y 22 para temáticas, éstos se utilizaron para realizar la tabla de ausencia/presencia, pudiendo así clasificar y agrupar los diferentes MCC, con la ayuda de su respectiva matriz de distancias y dendrograma resultante, para obtener así los primeros resultados preliminares, siguiendo la metodología de análisis resumida en la figura 5.1.

De los análisis de resultados para exhibiciones, cédulas y temáticas se desglosaron todas las variables presentes y ausentes en los distintos MCC, divididos en grupos y subgrupos de museos cercanos y lejanos al museo modelo inspirador *Exploratorium* (ver figuras 5.6, 5.11 y 5.16),

cuyo resultado dependieron de las características comunes entre museos o rasgos creativos.

#### ¿Cómo considerar los rasgos creativos a evaluar en un análisis de datos de museos de ciencia?

Para responder a esta pregunta tenemos que recurrir a la sección *Hacia una definición de la creatividad* del capítulo 2 de esta tesis (página 38), con el fin de recordar que si bien no se ha llegado a un consenso de lo que es el concepto de creatividad, sí se pueden extraer sus rasgos principales, ya que, según Saunders (2002), la creatividad puede entenderse como la habilidad para producir artefactos, ideas o productos novedosos (originales, inesperados, sorprendentes) y apropiados (útiles, valiosos, bellos, adaptados, inteligibles). Por otro lado, algunos autores no sólo aportan conocimiento para su entendimiento sino que hasta proponen cómo evaluarla, por ejemplo, Margaret Boden (1990) postula: “Una idea puede ser creativa, mientras que otra es meramente nueva: ¿cuál es la diferencia?” Por su parte Ritchie (2001) toma como punto de referencia el género de la obra producida y define dos criterios para evaluar la creatividad: Novedad ¿en qué medida el ítem producido es distinto de ejemplares existentes de ese género? y Calidad ¿en

qué medida el *ítem* producido es un ejemplo de alta calidad de ese género? Por su parte Pease et. al. (2001) afirman que: “Asumimos que todos los *ítems* creativos deben ser novedosos y valiosos”.

Así que, más que tratar de llegar a una definición de creatividad, mi interés es tratar de identificar diferentes indicadores que ayuden a tratar de llegar a una evaluación objetiva y gradual de las ideas creativas (en el proceso y/o producto creativos). Algunos de los indicadores de creatividad que pueden ser tomados para las evaluaciones y que se han identificado en diferentes autores que hablan sobre la creatividad son los siguientes:

1.-Novedad o innovación: La novedad de un objeto es la que se genera midiendo la distancia de éste entre el conjunto inspirador. Es el grado de pertenencia del objeto al conjunto de *Resultados vs. Entrada*. Si la distancia de un objeto es más corta habría menos innovación, por el contrario si es más larga contaría con más innovación [Pease et.al., 2001]. La novedad está ligada con la originalidad, que según su definición de la RAE quiere decir: obra científica, artística o literaria producida directamente por su autor sin ser copia, imitación o traducción de otra. Pieza única e irrepetible al momento de su creación. Es nueva, pero se torna original cuando sale la primera de su tipo. Objeto, frecuentemente artístico, que sirve de modelo para hacer otro u otros iguales a él [Diccionario de la Real Academia Española].

2.-Calidad: La calidad es un atributo relacionado con conceptos tan distantes como la belleza, la elegancia, la respuesta emotiva o la eficiencia para resolver un determinado problema. En el ámbito cotidiano, la calidad es medida por el experto del dominio. Se podría evaluar la calidad del producto en base a la respuesta emotiva generada en un conjunto de observadores, obteniendo una medida subjetiva. Pero también la calidad puede evaluarse con criterios bien establecidos, como en el caso de la ciencia o la ingeniería, cuyo resultado de calidad se mediría en función de diferentes normas o estándares [Hoyer et.al., 2001].

3.-Factor sorpresa: Aquí se mide qué tan sorprendente o aleatorio es el producto creativo. Si tiene un alto grado de aleatoriedad no puede ser creativo por no tener ningún patrón, esto es porque con mayor aleatoriedad el producto tiende a ser desordenado y poco congruente. Por el contrario, si un producto es generado sistemáticamente o en términos matemáticos, periódicamente, puede considerarse no creativo por predecir con exactitud el resultado. La aleatoriedad es una medida importante ya que nos habla también de qué tan predecible puede llegar a ser el producto creativo final (salida). Por lo tanto, es importante medir esta característica y para ello podemos tomar en cuenta la probabilidad que tiene un elemento a ser generado por la salida dada una cierta entrada [Espinosa Contreras, 2004, 2012].

4.-Exploratoriedad: La exploración de un espacio de búsqueda es una característica de los productos creativos, para poder evaluar este rasgo es necesario saber si el producto creativo genera en el receptor la necesidad de saber más allá de dicho producto. Boden explica el proceso creativo en términos de exploración en un espacio conceptual generativamente representado, aunque para ella la creatividad genuina sólo se logra si el espacio es transformado de alguna manera, privilegiando así la transformación del espacio conceptual, es decir, la generación de nuevos espacios. En el modelo de Boden, un concepto novedoso involucra la construcción de un nuevo espacio y no puede ser generado basándose solamente en las representaciones mentales existentes [Boden, 1994].

5.-Expresividad: Indicador que muestra la habilidad de un sujeto para desarrollar un producto a partir de una idea o concepto. Consideremos algunos ejemplos del arte, es conocido el hecho de que los impresionistas deseaban representar la luz en sus cuadros, al darse cuenta de que con las herramientas a su alcance no podían representarla, decidieron usar la sombra y el contraste para representar la luz. En el caso de la literatura, es común el uso de alegorías para expresar una idea abstracta o elaborar una crítica transportando conceptos de un dominio a otro. Para evaluar la expresividad y otros indicadores de creatividad Sternberg (2006) propone una serie de evaluaciones basadas en los resultados de las pruebas de Torrance (TTCT) que constan de una serie de actividades que un individuo debe completar con la

finalidad de identificar sus capacidades creativas. Las pruebas se dividen en dos grandes partes, unas pruebas son con imágenes y otras son verbales. Los resultados se miden con un conjunto de indicadores considerados como representativos de la creatividad [Kim, 2006].

Si bien estos parámetros no son suficientes para evaluar productos creativos, sí nos arrojan una luz en el camino para lograr comprender mejor qué es creatividad y cómo podemos medirla, para ayudar a mejorar esos productos y crear diferentes alternativas de una forma original [Espinosa Contreras, 2012:299]. El siguiente paso será entonces aplicar estas evaluaciones a los MCC. De los cinco indicadores propuestos el más objetivo resultó el primero referente a la novedad, innovación y originalidad, mismo que utilicé en este trabajo de investigación para ayudar en la interpretación de los resultados, además de que lo más importante es que de estos análisis se pueden obtener las novedades y los aspectos creativos que han surgido en los diferentes MCC de forma cronológica. Esto se logra al analizar lo novedoso en exhibiciones, cédulas y temáticas que surgió en el *Exploratorium* con respecto a sus museos ancestros el *Deutsches Museum* (Antigua sala de física), el *Palais de la Découverte* (Antiguo) y el *Science Museum* (Antigua sala de niños), así que se analizaron todas las características comunes entre estos 4 museos. Después se hizo un análisis de todas las características pero ahora entre el *Exploratorium* y los 13 museos descendientes, con el fin último de saber cómo se han mantenido o eliminado esos rasgos novedosos.

## La novedad como uno de los rasgos creativos

Al revisar los apartados 205 a 211 del manual de Oslo de la OECD [Sánchez, 2005:98], sobre la novedad y difusión del conocimiento, definí una fórmula a la que he llamado índice de novedad (ver ecuación 6.1), basándome en la que se encuentra en ese manual; para encontrar las novedades que precisamente surjan, por primera vez en el mundo o por primera vez en un determinado museo, al comparar las características de las exhibiciones, cédulas y temáticas de los diferentes MCC analizados. En esta fórmula para obtener el índice de novedad es necesario establecer una observación presente en comparación con una observación pasada, y la novedad se pondrá en evidencia cuando al restar ambas observaciones, se obtenga como resultado un valor (que puede ser negativo) diferente de cero<sup>1</sup>.

Al igual que en el manual de Oslo; la novedad que surja para el mundo, es decir cuando un museo introduzca por primera vez una característica a nivel mundial, tendrá mayor peso (cualitativo, no cuantitativo) que la que surja solamente para un determinado museo en un tiempo en particular, pero que ya había aparecido antes. Llamaré novedad con “*N*” mayúscula a la novedad que surja para el mundo y novedad con “*n*” minúscula a la que surge para un determinado museo.

<sup>1</sup> Similar al comportamiento de la red neuronal llamada *detector de novedad* que se utiliza en creatividad computacional para evaluar los nuevos trabajos de arte [Saunders, 2002:82].

$$\text{Índice de Novedad } (Mna | Mnb) = |TxMna - TxMnb|$$

Donde *Mna* indica el museo base

*Mnb* indica el museo a comparar

$$TxMn = \sum Vx1 \dots Vxn$$

Donde *Tx* es el total de variables que se obtuvieron de la tabla de ausencia/presencia de las *x* (exhibiciones, cédulas o temáticas).

*Mn* indica el museo a analizar.

*Vx* es el valor de cada una de las características que se obtuvieron en la tabla de ausencia/presencia de las *x* (exhibiciones, cédulas o temáticas).

Si Índice de Novedad = 0 No hay novedad

Si Índice de Novedad ≠ 0 Existe novedad

Ecuación 6.1.-Índice de novedad para analizar museos y centros de ciencia por Adriana Elisa Espinosa.

Una vez obtenidas todas las novedades, se deben ver si éstas permanecieron en el tiempo y si se convirtieron en útiles, otro rasgo implícito de la creatividad, ya que algo creativo no solamente es nuevo sino también valioso y útil. Toda la información se dividirá en exhibiciones, cédulas y temáticas.

## Surgimiento de aspectos novedosos y/o creativos en el *Exploratorium*

Para comenzar a enumerar los aspectos creativos que han surgido en el museo modelo inspirador, hay que enfocarse en el “número de variables parecidas al *Exploratorium*” (última columna de las tablas 5.5, 5.10 y 5.15 respectivamente) para compararlos con los de los 3 museos ancestros y luego con los 13 museos descendientes. Así que a continuación se presentan los resultados del índice de novedad, que se logra tomando como base al museo *Exploratorium* y comparando a éste con los demás museos. Dividiré la tarea comenzando con los museos ancestros para después hacer los mismos análisis con los museos descendientes en exhibiciones, cédulas y temáticas.

## Análisis final e interpretación de resultados con la aplicación del índice de novedad en exhibiciones (comparación del *Exploratorium* contra museos ancestros)

Índice de novedad para exhibiciones:	
$\text{Índice de Novedad } (M1   M4) =$	$ 43 - 30  = 13$
$\text{Índice de Novedad } (M1   M6) =$	$ 43 - 30  = 13$
$\text{Índice de Novedad } (M1   M2) =$	$ 43 - 34  = 9$

Donde el museo base a comparar es  $M1 = \text{Exploratorium}$  contra los museos ancestros  $M4 = \text{Deutsches Museum}$  (antigua sala de física),  $M6 = \text{Science Museum}$  (antigua sala de niños) y  $M2 = \text{Palais de la Découverte}$  (antiguo).

Una vez que se utiliza el índice novedad tomando como base al *Exploratorium* y comparándolos con los 3 museos ancestros, se deben analizar esas novedades, para saber cuáles son las que surgen para el mundo y cuales son las que surgen solamente para cierto museo. En la tabla 6.6 se muestran cada una de las variables novedosas introducidas por cada uno de los diferentes MCC, la cual llamé matriz de novedades. Utilicé la fórmula del índice de novedad para obtener los resultados de las nuevas variables que surgen en los museos ancestros y obtuve los resultados que se muestran en la siguiente tabla. Cabe destacar que utilicé un código de colores para los 3 siguientes casos:

1.-Una introducción de variables (color verde) será considerada como una novedad para el mundo porque éstas surgen por primera vez.

2.-Una reducción de variables (color rojo) también se le considerará una novedad, pero será considerada como una novedad para el museo y no para el mundo.

3.-Las variables que permanecen (color negro), son las que de hecho, ya habían aparecido antes en algún museo, no importando si con el paso del tiempo algún otro museo las había eliminado.

## Matriz de novedades en exhibiciones: comparación del *Exploratorium* con sus ancestros

Clave y Nombre del Museo		Introducción de variables Reducción de variables Variables que permanecen	Año de Apertura	Índice de Novedad	M1 Exploratorium (Año de Apertura: 1969)	
M4	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve32, Ve35, Ve36, Ve37, Ve40.	1903	13	Ve11, Ve20, Ve21, Ve29, Ve30, Ve31, Ve33, Ve34, Ve38, Ve39, Ve41, Ve42, Ve43.	Conjunto universo: Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve30, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40. Índice de Novedad para el Mundo: 5 (Ve29, Ve31, Ve41, Ve42 y Ve43)
M6	Science Museum (Antigua sala de niños)	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve32, Ve35, Ve36, Ve37, Ve40.	1931	13	Ve20, Ve21, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve38, Ve39, Ve41, Ve42, Ve43.	
M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve30, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40.	1937	9	Ve13, Ve25, Ve29, Ve31, Ve36, Ve37, Ve41, Ve42, Ve43.	

Tabla 6.6.-Surgimiento de variables novedosas en las exhibiciones de los diferentes MCC aplicando el índice de novedad.

Una vez que se tienen los resultados del índice de novedad para cada uno de los diferentes museos con respecto a las exhibiciones, se deben comenzar a ver cuáles son esas novedades que surgieron, se eliminaron o se mantuvieron.

De acuerdo con los resultados de la tabla de ausencia/presencia de las exhibiciones (figura 5.2) y con el dendrograma respectivo (figura 5.4) las características de las exhibiciones que los 3 museos, M4 *Deutsches Museum* (Antigua sala de física), M6 *Science Museum* (Antigua sala de niños) y M2 *Palais de la Découverte* (Antiguo) comparten en general y que se resumen en la tabla 6.6 son: Ve1-El visitante puede crear su propio recorrido a través

de las exhibiciones, Ve2-Hay exhibiciones de tipo interactivo, Ve3-Hay exhibiciones sólo con audio, Ve4-La exhibición luce futurista, Ve5-La exhibición provoca una interacción física, Ve6-La exhibición provoca una interacción mental, Ve7-La exhibición contiene elementos familiares para el visitante, Ve8-El visitante se convierte en parte de la exhibición, Ve9-Hay exhibiciones especialmente atractivas, Ve10-Los visitantes pasan más de 0 a 59 segundos en las exhibiciones, Ve12-Hay exhibiciones que provocan sólo una interacción visual, Ve14-Al estar frente a las exhibiciones se percibe un ambiente en el cual un visitante le explica a otro, Ve15-Los robots están ausentes en las exhibiciones, Ve16-Se repite el tipo de interactividad en el resto de las

exhibiciones, Ve17-Hay diferentes tipos de exhibiciones que se adecuen a varios tipos de visitantes, Ve18-Hay exhibiciones de tipo vitrina, Ve19-Las exhibiciones generan alguna sorpresa en los resultados, Ve22-Hay un orden lógico en la colocación de exhibiciones, Ve23-El diseño de la exhibición causa sorpresa, Ve24-Hay alguna exhibición que sea emblemática de todo el museo, Ve26-La exhibición genera un estado de flujo y presenta retos intelectuales, Ve27-El objetivo de la exhibición es comprensible, Ve28-Hay ausencia de exhibiciones parecidas a las de un parque temático, Ve35-Hay exhibiciones que sólo se encuentran en este museo, Ve36-Hay ausencia de exhibiciones con videos, Ve37-Hubo intervención de un artista al crear la exhibición, Ve40-Las exhibiciones de este museo son originales.

Cuando se comparan esas características con las del *Exploratorium*, las exhibiciones comienzan a tener rasgos que antes no habían aparecido. La primera y que en los tres museos no existían, es la aparición de las siguientes características: Hay ausencia de exhibiciones de tipo modelos o maquetas (Ve29), hay ausencia de colecciones de objetos antiguos (Ve31), el visitante puede ver cómo construyen las exhibiciones (Ve41), el visitante puede aconsejar a los constructores de las exhibiciones para mejorarlas (Ve42) y el visitante puede aportar ideas para nuevas exhibiciones (Ve43). La verdadera innovación y creatividad en las exhibiciones del *Exploratorium* está en la aparición de estos cinco rasgos. Así que estas características se denominarán “novedades para el mundo o novedad con N”, por tratarse de una novedad que

surgió por primera vez en un museo, el *Exploratorium*, y que luego se difundió y extendió a otros MCC.

Los siguientes rasgos que aparecen son los de Hay exhibiciones demostrativas, con talleres o demostrador/visitante (Ve20), Hay exhibiciones de tipo contemplativas (Ve21), Hay ausencia de exhibiciones de tipo diorama (Ve30), Hay ausencia de exhibiciones de tipo mamparas con texto (Ve33), El museo cuenta con obras de arte como exhibiciones (Ve34), El diseño industrial de las exhibiciones es heterogéneo (Ve38), Hay exhibiciones que no están totalmente acabadas (Ve39). Estas variables ya se presentaban en alguno de los tres museos ancestros. Por ejemplo la Ve20, que ya era un antecedente de la interactividad en los MCC, ya aparecía en alguno de los 3 museos ancestros.

También hay 4 variables que no se presentan en alguno de los 3 museos ancestros y éstas son: La exhibición parece de ciencia ficción (Ve11), Hay interacción con los demás visitantes de las exhibiciones (Ve13), Hay ausencia de exhibiciones taxidérmicas (Ve25) y La mayoría de las exhibiciones están exentas de juego (Ve32).

Todos estos resultados se pueden observar gráficamente en la figura 6.7, donde se logran ver los rasgos que introdujeron cada uno de los museos ancestros y, por supuesto, el *Exploratorium*. También se podrán observar los rasgos que han permanecido y los que se han eliminado, por algunos museos a lo largo del tiempo.

## Cladograma de rasgos novedosos en exhibiciones

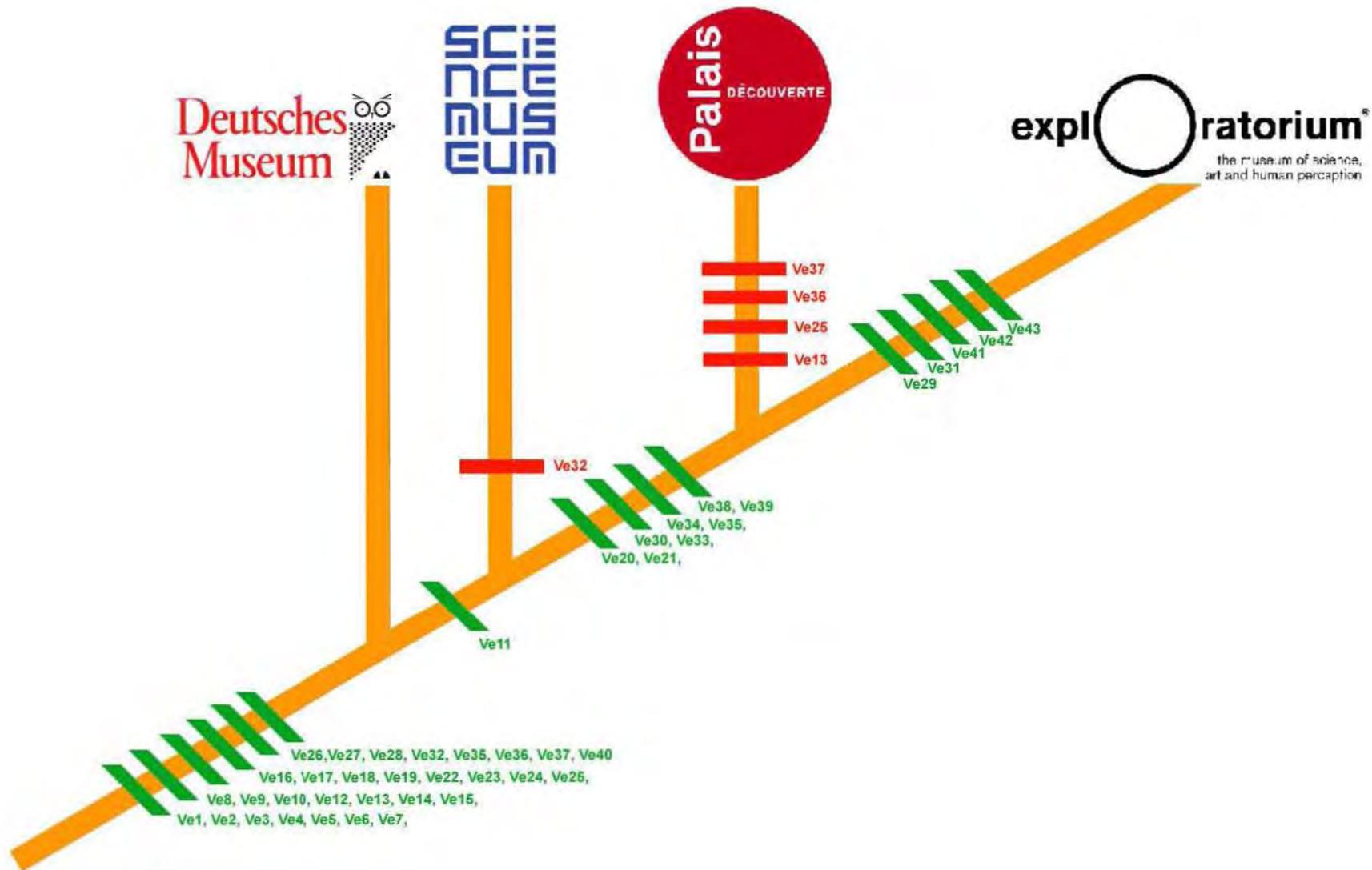


Figura 6.7.-Surgimiento de variables novedosas, en las exhibiciones de los diferentes MCC ancestros junto con el *Exploratorium* a lo largo del tiempo, expuestas gráficamente en un cladograma. Donde las variables en color verde significan una introducción de rasgos novedosos y las variables en color rojo significan una eliminación de características.

## Análisis final e interpretación de resultados con la aplicación del índice de novedad en exhibiciones (comparación del *Exploratorium* contra museos descendientes)

### Índice de novedad para exhibiciones:

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M11) = |43 - 32| = 11$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M14) = |43 - 30| = 13$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M3) = |43 - 31| = 12$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M8) = |43 - 26| = 17$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M16) = |43 - 29| = 14$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M9) = |43 - 23| = 20$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M13) = |43 - 23| = 20$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M17) = |43 - 22| = 21$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M7) = |43 - 19| = 24$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M15) = |43 - 15| = 28$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M5) = |43 - 20| = 13$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M10) = |43 - 29| = 14$$

$$\text{Índice de Novedad } (M1 | M12) = |43 - 16| = 27$$

Donde el museo base a comparar es M1=*Exploratorium* contra los museos descendientes M11=Cité des Sciences (antigua sala de Física), M14=At Bristol, M3=Palais de la Découverte (sala Eureka), M8=Heureka, M16=Universum (antiguas salas), M9=Trompo Mágico, M13=CosmoCaixa, M17=Papagayo, M7=Science Museum (sala Launchpad), M15=Universum (nuevas salas), M5=Deutsches Museum (nuevas salas), M10=National Museums Scotland y M12=Cité des Sciences (nuevas salas).

De la misma forma que en la sección anterior, una vez que se utiliza el índice novedad tomando como base al *Exploratorium* y comparándolos con los ahora 13 museos descendientes, se deben analizar esas novedades. Pero en este caso en particular, como se tomó de base al *Exploratorium*, solamente podremos observar aquellos rasgos que han permanecido o se han eliminado a lo largo del tiempo. La investigación en esta tesis no podrá dar cuenta de los verdaderos rasgos novedosos que han introducido los museos descendientes, aunque, de hecho la eliminación de ciertas variables dan cuenta de actos novedosos, éstos serán solamente novedades con “*n* minúscula” y no novedades para el mundo o las denominadas con “*N* mayúscula”.

En la tabla 6.8 se muestran cada una de las variables novedosas introducidas o eliminadas por cada uno de los diferentes MCC, la cual llamé matriz de novedades. Utilicé la fórmula del índice de novedad para obtener los resultados de las variables que se mantienen o eliminan en los museos. Cabe destacar que utilicé un código de colores para los 3 siguientes casos:

1.-Una introducción de variables (color verde) será considerada como una novedad para el mundo porque éstas surgen por primera vez.

2.-Una reducción de variables (color rojo) también se le considerará una novedad, pero será considerada como una novedad para el museo y no para el mundo.

3.-Las variables que permanecen (color negro), son las que de hecho, ya habían aparecido antes en algún museo, no importando si con el paso del tiempo algún otro museo las había eliminado.

## Matriz de novedades en exhibiciones: comparación del *Exploratorium* con sus descendientes

Variables introducidas por los museos ancestros y el Exploratorium	Año de Apertura	Índice de Novedad	Introducción de variables Reducción de variables Variables que permanecen	Clave y Nombre del Museo	
<p>M1 Exploratorium (Año de Apertura: 1969)                      Conjunto universo: Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40.</p> <p>Índice de Novedad para el Mundo:                      5 (Ve29, Ve31, Ve41, Ve42 y Ve43)</p>	1986	11	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, <b>Ve20, Ve21</b> , Ve22, Ve23, <b>Ve24</b> , Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, <b>Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M11	Cité des Sciences (Antigua sala de física)
	1989	12	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, <b>Ve11</b> , Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, <b>Ve18</b> , Ve19, <b>Ve20, Ve21</b> , Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, <b>Ve30</b> , Ve31, Ve32, <b>Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M3	Palais de la Découverte (Sala Eureka)
	1989	17	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, <b>Ve17, Ve18</b> , Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, <b>Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M8	Heureka
	1992	14	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, <b>Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M16	Universum (Antiguas salas)
	2000	13	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, <b>Ve11</b> , Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, <b>Ve18</b> , Ve19, Ve20, <b>Ve21</b> , Ve22, Ve23, <b>Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M14	At Bristol
	2003	20	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, <b>Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M9	Trompo Mágico
	2004	20	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, <b>Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M13	CosmoCaixa
	2005	21	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, <b>Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M17	Papagayo
	2007	24	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, <b>Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M7	Science Museum (Sala Launchpad)
	2009	23	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, <b>Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M5	Deutsches Museum (Nuevas salas)
	2009	27	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, <b>Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M12	Cité des Sciences (Nuevas salas)
	2010	28	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, <b>Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M15	Universum (Nuevas salas)
2011	14	Ve1, Ve2, Ve3, Ve4, Ve5, Ve6, Ve7, Ve8, Ve9, Ve10, Ve11, Ve12, Ve13, Ve14, Ve15, Ve16, Ve17, <b>Ve18, Ve19, Ve20, Ve21, Ve22, Ve23, Ve24, Ve25, Ve26, Ve27, Ve28, Ve29, Ve30, Ve31, Ve32, Ve33, Ve34, Ve35, Ve36, Ve37, Ve38, Ve39, Ve40, Ve41, Ve42, Ve43.</b>	M10	National Museums Scotland	

Tabla 6.8.- Surgimiento de variables novedosas en las exhibiciones de los diferentes MCC aplicando el índice de novedad.

Una vez que se tienen los resultados del índice de novedad para cada uno de los diferentes museos con respecto a las exhibiciones, se deben comenzar a ver cuáles son esas novedades que surgieron, se eliminaron o se mantuvieron.

De acuerdo con los resultados de la tabla de ausencia/presencia de las exhibiciones (figura 5.2) y con el dendrograma respectivo (figura 5.4) las características de las exhibiciones que los 13 museos, M11=Cité des Sciences (antigua sala de Física), M14=At Bristol, M3=Palais de la Découverte (sala Eureka), M8=Heureka, M16=Universum (antiguas salas), M9=Trompo Mágico, M13=CosmoCaixa, M17=Papagayo, M7=Science Museum (sala Launchpad), M15=Universum (nuevas salas), M5=Deutsches Museum (nuevas salas), M10=National Museums Scotland y M12=Cité des Sciences (nuevas salas) comparten en general y que se resumen en la tabla 6.8 son, la permanencia de las siguientes variables: El visitante puede crear su propio recorrido a través de las exhibiciones (Ve1), Hay exhibiciones de tipo interactivo (Ve2), Hay exhibiciones que cuentan sólo con audio (Ve3), La exhibición luce futurista (Ve4), La exhibición provoca una interacción física (Ve5), La exhibición provoca una interacción mental (Ve6), La exhibición contiene elementos familiares para el visitante (Ve7) y El visitante se convierte en parte de la exhibición (Ve8).

De la misma forma, cuando se comparan los museos descendientes con su ahora ancestro, el *Exploratorium*, todos comparten la eliminación o ausencia de las siguientes variables: Las exhibiciones de este museo son originales (Ve40), El visitante puede aconsejar a los constructores de las exhibiciones para mejorarlas (Ve42) y El visitante puede aportar ideas para nuevas exhibiciones (Ve43).

Lo más importante al analizar a los museos descendientes es darse cuenta de aquellos rasgos o características que se han mantenido a lo largo del tiempo, para ver si coinciden con aquellas novedades introducidas por el museo modelo inspirador o si han cambiado a lo largo del tiempo. Esta información nos servirá para obtener, al menos, los rasgos más importantes que deben contener las exhibiciones y aquéllos de los cuales se pueden eliminar sin que afecte su efectividad.

A continuación se muestran algunos ejemplos gráficos que ayudarán a entender mejor cuáles son esas novedades introducidas por el museo modelo inspirador *Exploratorium* (ver siguientes figuras 6.9, 6.10 y 6.11). E inmediatamente después se presenta un resumen, a manera de conclusión, de todos estos análisis en un cuadro donde se podrán apreciar cuáles variables son las que más han permanecido en las exhibiciones.

## Ejemplos gráficos de algunas exhibiciones



### Ejemplo de Exhibición



### Ejemplo de Exhibición



Figura 6.9.-Algunas exhibiciones que se encuentran en el *Exploratorium*, en la que se pueden encontrar algunas de sus principales características. En este caso algunas novedades que surgieron en los museos ancestros se han mantenido en el *Exploratorium* y en los museos descendientes. Fotos: Adriana Elisa Espinosa, *Exploratorium*, 2011 y 2012.



### Ejemplo de Exhibición



Su diseño causa sorpresa.

Son demostrativas, con talleres o demostrador/visitante.



### Ejemplo de Exhibición



Provocan una interacción entre los visitantes

Parecen futuristas

El museo no cuenta con colecciones de objetos antiguos

Figura 6.10.-Algunas exhibiciones que se encuentran en el *Papagayo* y en el *Cité des Sciences*. En estas exhibiciones se pueden encontrar algunas de sus principales características. En este caso algunas novedades que surgieron en los museos ancestros se han mantenido en el *Exploratorium* y en los museos descendientes. Fotos: Adriana Elisa Espinosa, *Papagayo* y *Cité des Sciences*, 2011.



Antigua sala de niños

Ejemplo de Exhibición

El objetivo es comprensible

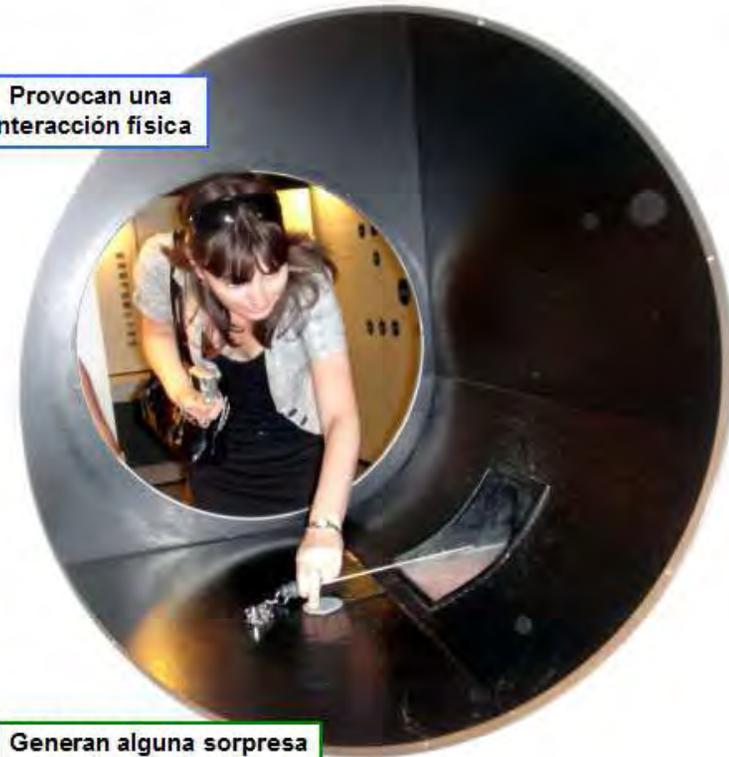


Hacen que el visitante sea un elemento activo



Ejemplo de Exhibición

Provocan una interacción física



Generan alguna sorpresa en los resultados

Figura 6.11.-Algunas exhibiciones que se encuentran en el *Science Museum* en la antigua sala de niños y en el *CosmoCaixa*. En estas exhibiciones se pueden encontrar algunas de sus principales características. En este caso algunas novedades que surgieron en los museos ancestros se han mantenido en el *Exploratorium* y en los museos descendientes. La foto del *Science Museum* fue tomada de [Morris, 2010:95]. La segunda foto: Adriana Elisa Espinosa, *CosmoCaixa*, 2011.

En conclusión, y a manera de resumen, las características o rasgos creativos que más han permanecido a lo largo del tiempo en las exhibiciones, tanto en museos ancestros como en museos descendientes, son las que se presentan a continuación:

<b>Rasgos creativos más encontrados en los MCC</b>	<b>43 rasgos creativos evaluados en Exhibiciones</b>	
En 17 museos:	-El visitante puede crear su propio recorrido a través de las exhibiciones. -Hay exhibiciones de tipo interactivo. -Hay exhibiciones que cuentan sólo con audio. -La exhibición luce futuristas	-Provocan una interacción física. -Provocan una interacción mental. -Contienen elementos familiares para el visitante. -Hacen que el visitante sea un elemento activo.
En 16 museos:	-Las exhibiciones cuentan con un elemento atractivo que hace que los visitantes permanezcan mucho tiempo.	
En 15 museos:	-Las exhibiciones hacen que los visitantes pasen de 0 a 59 segundos.	
En 14 museos:	-Las exhibiciones parecen de ciencia ficción. -Provocan una interacción visual.	-Provocan una interacción entre los visitantes. -Crean un ambiente en el que un visitante le explica a otro.
En 13 museos:	-Los robots están ausentes en las exhibiciones. -Se repite el tipo de interactividad en el resto de las exhibiciones.	-Hay diferentes exhibiciones que se adecuan a diferentes tipos de visitantes.
En 12 museos:	-Hay exhibiciones de tipo vitrina.	-Generan alguna sorpresa en los resultados.
En 11 museos:	-Las exhibiciones son demostrativas, con talleres o demostrador/visitante.	-Hay de tipo contemplativas.
En 10 museos:	-Las exhibiciones tienen un orden lógico en su colocación. -Su diseño causa sorpresa.	-Alguna es emblemática de todo el museo.
En 9 museos:	-El objetivo es comprensible. -Hay ausencia de exhibiciones taxidérmicas.	-Generan un estado de flujo y presentan retos intelectuales. -Hay ausencia de exhibiciones parecidas a las de un parque temático.
En 8 museos:	-Hay ausencia de exhibiciones de tipo modelos o maquetas. -La mayoría de las exhibiciones están exentas de juego.	-Hay ausencia de exhibiciones de tipo diorama. -Hay ausencia de colecciones de objetos antiguos.
En 7 museos:	-Hay ausencia de exhibiciones de tipo mamparas con texto.	-Cuenta con obras de arte como exhibiciones.
En 6 museos:	-Hay exhibiciones que sólo se encuentran en este museo.	
En 5 museos:	-Hay ausencia de exhibiciones con videos.	-Hubo intervención de un artista al crear la exhibición.
En 4 museos:	-El diseño industrial es heterogéneo. -Hay exhibiciones que no están totalmente acabadas.	-Las exhibiciones de este museo son originales.
En 2 museos:	-El visitante puede ver cómo se construyen las exhibiciones.	
En 1 museo:	-El visitante puede aconsejar a los constructores de las exhibiciones para mejorarlas.	-El visitante puede aportar ideas para nuevas exhibiciones.

Tabla 6.12.-En la que se muestran los diferentes rasgos creativos encontrados en las exhibiciones de los 17 MCC analizados. La información de esta tabla puede interpretarse como los rasgos mínimos que sería deseable que se tomaran en cuenta en el diseño de nuevas exhibiciones (rasgos que se encuentran en un número mayor de museos), así como aquellos rasgos que tal vez podrían eliminarse y que no afectan al diseño principal de las exhibiciones (rasgos que se encuentran en un número menor de museos).

## Análisis final e interpretación de resultados con la aplicación del índice de novedad en cédulas (comparación del *Exploratorium* contra museos ancestros)

Índice de novedad para cédulas:	
Índice de Novedad (M1   M4) =	$ 14 - 4  = 10$
Índice de Novedad (M1   M6) =	$ 14 - 4  = 10$
Índice de Novedad (M1   M2) =	$ 14 - 4  = 10$

Donde el museo base a comparar es M1=*Exploratorium* contra los museos ancestros M4=Deutsches Museum (antigua sala de física), M6=Science Museum (antigua sala de niños) y M2=Palais de la Découverte (antiguo).

De la misma forma que se hicieron los análisis de las exhibiciones en la sección anterior, una vez que se utiliza el índice novedad tomando como base al *Exploratorium* y comparándolos con los 3 museos ancestros, se deben analizar esas novedades, para

saber cuáles son las que surgen para el mundo y cuales son las que surgen solamente para cierto museo. En la tabla 6.13 se muestran cada una de las variables novedosas introducidas por cada uno de los diferentes MCC, la cual llamé matriz de novedades. Utilicé la fórmula del índice de novedad para obtener los resultados de las nuevas variables que surgen en los museos ancestros y obtuve los resultados que se muestran en la siguiente tabla. Cabe destacar que utilicé un código de colores para los 3 siguientes casos: 1.-Una introducción de variables (color verde) será considerada como una novedad para el mundo porque éstas surgen por primera vez. 2.-Una reducción de variables (color rojo) también se le considerará una novedad, pero será considerada como una novedad para el museo y no para el mundo. 3.-Las variables que permanecen (color negro), son las que de hecho, ya habían aparecido antes en algún museo, no importando si con el paso del tiempo algún otro museo las había eliminado.

### Matriz de novedades en cédulas: comparación del *Exploratorium* con sus ancestros

Clave y Nombre del Museo		Introducción de variables Reducción de variables Variables que permanecen	Año de Apertura	Índice de Novedad	M1 Exploratorium (Año de Apertura: 1969)	
M4	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	Vc1, Vc2, Vc4, Vc7.	1903	10	Vc3, Vc5, Vc6, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14.	Conjunto universo: Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc7. Índice de Novedad para el Mundo: 8 (Vc6, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13 y Vc14)
M6	Science Museum (Antigua sala de niños)	Vc1, Vc2, Vc4, Vc5, Vc7.	1931	10	Vc3, Vc4, Vc6, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14.	
M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc7.	1937	10	Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14.	

Tabla 6.13.-Surgimiento de variables novedosas en las cédulas de los diferentes MCC aplicando el índice de novedad.

Una vez que se tienen los resultados del índice de novedad para cada uno de los diferentes museos con respecto a las cédulas, se deben comenzar a ver cuáles son esas novedades que surgieron, se eliminaron o permanecieron.

De acuerdo con los resultados de la tabla de ausencia/presencia de las cédulas (figura 5.7) y con el dendrograma respectivo (figura 5.9) las características de las cédulas que los 3 museos, M4 *Deutsches Museum* (Antigua sala de física), M6 *Science Museum* (Antigua sala de niños) y M2 *Palais de la Découverte* (Antiguo) comparten en general son y que se resumen en la tabla 6.13 son: Vc1-Título, Vc2-Cuentan con gráficos o fotos, Vc3-Cuentan con un diseño de colores y diferentes tipografías, Vc4-Contiene una breve explicación del fenómeno a exhibir, Vc5-Contiene instrucciones, Vc7-No contiene fórmulas matemáticas o palabras complicadas.

Cuando se comparan esas características con las del *Exploratorium*, las cédulas comienzan a tener rasgos que antes no habían aparecido. La primera y que en los tres museos no existían, es la aparición de la pregunta ¿qué hacer y qué notar? (Vc14) seguido de un balazo (Vc13) –pequeño texto que introduce al visitante de lo que se trata el fenómeno a exhibir–, así como la sección intenta esto o descúbrelo (Vc12). De acuerdo a la literatura es claro que la verdadera innovación y creatividad está en la aparición de estos tres rasgos principalmente. Éste es, de hecho, el sello característico de las cédulas del *Exploratorium* sin duda alguna. Así que estas características se denominarán “novedades

para el mundo o novedad con  $N^{\circ}$ , por tratarse de una novedad que surgió por primera vez en el mundo en un museo, el *Exploratorium*, y que luego se difundió y extendió a otros MCC.

El siguiente rasgo que aparece es el de insertar instrucciones (Vc5) para poder saber cómo hay que operar la exhibición. Esta variable sí se presentaba en el M6 *Science Museum* (Antigua sala de niños) pero no en los otros dos museos. Si esta investigación hubiera versado sobre el *Science Museum*, y al investigar este museo exhaustivamente, como lo hice con el *Exploratorium*, y si hubiera constatado que efectivamente la introducción de instrucciones en las cédulas de este museo fue una novedad que surgió por primera vez con este gran museo de ciencia, entonces esta característica se convertiría en novedad para el mundo, con un grado de creatividad cualitativo mayor que algunas otras variables que ya hubieran surgido antes. Así que por ahora solamente se quedará como una novedad que surgió antes que el *Exploratorium*.

Las otras 5 variables, que no se presentan en alguno de los 3 museos son: (Vc11) La cédula contiene el nombre de la sección o sala de la exhibición, la (Vc10) La cédula no contiene datos de una ficha bibliográfica, la (Vc9) La cédula está integrada a la exhibición, la (Vc8) Las cédulas contienen preguntas intermedias y la (Vc6) la cédula tiene una forma diferente a un típico rectángulo parecido a una ficha bibliográfica.

Todos estos resultados se pueden observar gráficamente en la figura 6.14, donde se logran ver los rasgos que introdujeron cada uno de los museos ancestros y, por supuesto, el *Exploratorium*. También se podrán observar los rasgos que han permanecido y los que se han eliminado, por algunos museos a lo largo del tiempo.

### Cladograma de rasgos novedosos en cédulas

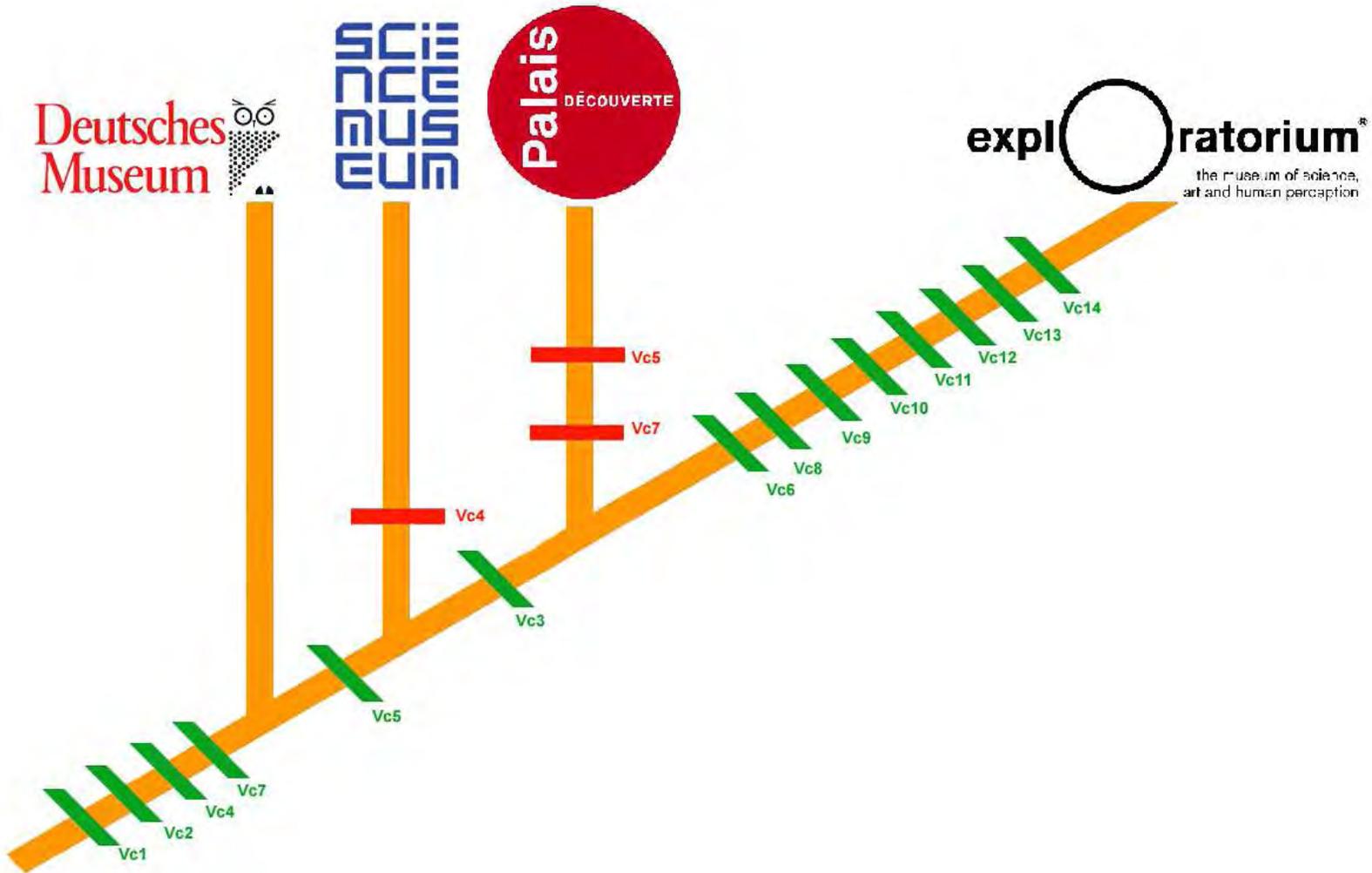


Figura 6.14.-Surgimiento de variables novedosas en las cédulas de los diferentes MCC ancestros junto con el *Exploratorium* a lo largo del tiempo, expuestas gráficamente en un cladograma. Donde las variables en color verde significan una introducción de rasgos novedosos y las variables en color rojo significan una eliminación de características.

### **Análisis final e interpretación de resultados con la aplicación del índice de novedad en cédulas (comparación del *Exploratorium* contra museos descendientes)**

<b>Índice de novedad para cédulas:</b>	
Índice de Novedad ( $M1   M11$ ) =	$ 14 - 13  = 1$
Índice de Novedad ( $M1   M14$ ) =	$ 14 - 13  = 1$
Índice de Novedad ( $M1   M3$ ) =	$ 14 - 12  = 2$
Índice de Novedad ( $M1   M8$ ) =	$ 14 - 8  = 6$
Índice de Novedad ( $M1   M16$ ) =	$ 14 - 9  = 5$
Índice de Novedad ( $M1   M9$ ) =	$ 14 - 11  = 3$
Índice de Novedad ( $M1   M13$ ) =	$ 14 - 5  = 9$
Índice de Novedad ( $M1   M17$ ) =	$ 14 - 10  = 4$
Índice de Novedad ( $M1   M7$ ) =	$ 14 - 10  = 4$
Índice de Novedad ( $M1   M15$ ) =	$ 14 - 9  = 5$
Índice de Novedad ( $M1   M5$ ) =	$ 14 - 9  = 5$
Índice de Novedad ( $M1   M10$ ) =	$ 14 - 10  = 4$
Índice de Novedad ( $M1   M12$ ) =	$ 14 - 8  = 6$

Donde el museo base a comparar es  $M1=Exploratorium$  contra los museos descendientes  $M11=Cité des Sciences$  (antigua sala de Física),  $M14=At Bristol$ ,  $M3=Palais de la Découverte$  (sala Eureka),  $M8=Heureka$ ,  $M16=Universum$  (antiguas salas),  $M9=Trompo Mágico$ ,  $M13=CosmoCaixa$ ,  $M17=Papagayo$ ,  $M7=Science Museum$  (sala Launchpad),  $M15=Universum$  (nuevas salas),  $M5=Deutsches Museum$  (nuevas salas),  $M10=National Museums Scotland$  y  $M12=Cité des Sciences$  (nuevas salas).

De la misma forma que en la sección anterior, una vez que se utiliza el índice novedad tomando como base al *Exploratorium* y comparándolos con los ahora 13 museos descendientes, se deben analizar esas novedades. Pero en este caso en particular, al igual que en las exhibiciones, como se tomó de base al *Exploratorium*, solamente podremos observar aquellos rasgos que han permanecido o se han eliminado a lo largo del tiempo. La investigación en esta tesis no podrá dar cuenta de los verdaderos rasgos novedosos que han introducido los museos descendientes, aunque, de hecho la eliminación de ciertas variables dan cuenta de actos novedosos, éstos serán solamente novedades con “*n* minúscula” y no novedades para el mundo o las denominadas con “*N* mayúscula”.

En la tabla 6.15 se muestran cada una de las variables novedosas introducidas o eliminadas por cada uno de los diferentes MCC, la cual llamé matriz de novedades. Utilicé la fórmula del índice de novedad para obtener los resultados de las variables que se mantienen o eliminan en los museos. Cabe destacar que utilicé un código de colores para los 3 siguientes casos: 1.-Una introducción de variables (color verde) será considerada como una novedad para el mundo porque éstas surgen por primera vez. 2.-Una reducción de variables (color rojo) también se le considerará una novedad, pero será considerada como una novedad para el museo y no para el mundo. 3.-Las variables que permanecen (color negro), son las que de hecho, ya habían aparecido antes en algún museo, no importando si con el paso del tiempo algún otro museo las había eliminado.

## Matriz de novedades en cédulas: comparación del *Exploratorium* con sus descendientes

Variables introducidas por los museos ancestros y el Exploratorium	Año de Apertura	Índice de Novedad	Introducción de variables	Clave y Nombre del Museo	
			Reducción de variables		
			Variables que permanecen		
<b>M1 Exploratorium (Año de Apertura: 1969)</b> Conjunto universo: Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc7. Índice de Novedad para el Mundo: 8 (Vc6, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13 y Vc14)	1986	1	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M11	Cité des Sciences (Antigua sala de física)
	1989	2	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M3	Palais de la Découverte (Sala Eureka)
	1989	6	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M8	Heureka
	1992	5	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M16	Universum (Antiguas salas)
	2000	1	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M14	At Bristol
	2003	3	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M9	Trompo Mágico
	2004	9	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M13	CosmoCaixa
	2005	4	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M17	Papagayo
	2007	4	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M7	Science Museum (Sala Launchpad)
	2009	5	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M5	Deutsches Museum (Nuevas salas)
	2009	6	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M12	Cité des Sciences (Nuevas salas)
	2010	5	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M15	Universum (Nuevas salas)
2011	4	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14	M10	National Museums Scotland	

Tabla 6.15.- Surgimiento de variables novedosas en las cédulas de los diferentes MCC aplicando el índice de novedad.

Una vez que se tienen los resultados del índice de novedad para cada uno de los diferentes museos con respecto a las cédulas, se deben comenzar a ver cuáles son esas novedades que surgieron, se eliminaron o se mantuvieron.

De acuerdo con los resultados de la tabla de ausencia/presencia de las cédulas (figura 5.7) y con el dendrograma respectivo (figura 5.9) las

características de las cédulas que los 13 museos, M11=Cité des Sciences (antigua sala de Física), M14=At Bristol, M3=Palais de la Découverte (sala Eureka), M8=Heureka, M16=Universum (antiguas salas), M9=Trompo Mágico, M13=CosmoCaixa, M17=Papagayo, M7=Science Museum (sala Launchpad), M15=Universum (nuevas salas), M5=Deutsches Museum (nuevas salas), M10=National Museums Scotland y M12=Cité des

Sciences (nuevas salas) comparten en general y que se resumen en la tabla 6.15 son, la permanencia de las siguientes variables: La cédula contiene título (Vc1), La cédula cuenta con un diseño de colores y diferentes tipografías (Vc3) La cédula tiene una forma diferente a la de un rectángulo típico (Vc6) y La cédula contiene preguntas intermedias (Vc8).

De la misma forma, cuando se comparan los museos descendientes con su ahora ancestro, el *Exploratorium*, la mayoría comparte la eliminación o ausencia de las siguientes variables: Preguntas ¿qué hacer? y ¿qué notar? (Vc14), Balazo (Vc13) y Sección “intenta esto” o “descúbrelo” (Vc12).

Lo más importante al analizar a los museos descendientes es darse cuenta de aquellos rasgos o características que se han mantenido a lo largo del tiempo, para ver si coinciden con aquellas novedades introducidas por el museo modelo inspirador o si han cambiado a lo largo del tiempo. Esta información nos servirá para obtener, al menos, los rasgos más importantes que deben contener las cédulas y aquéllos de los cuales se pueden eliminar sin que afecte su efectividad.

A continuación se muestran algunos ejemplos gráficos que ayudarán a entender mejor cuáles son esas novedades introducidas por el museo modelo inspirador *Exploratorium* (ver siguientes figuras 6.16, 6.17, 6.18, 6.19 y 6.20). E inmediatamente después se presenta un resumen, a manera de conclusión, de todos estos análisis en un cuadro donde se podrán apreciar cuáles variables son las que más han permanecido en las cédulas.

## Ejemplos gráficos de algunas cédulas

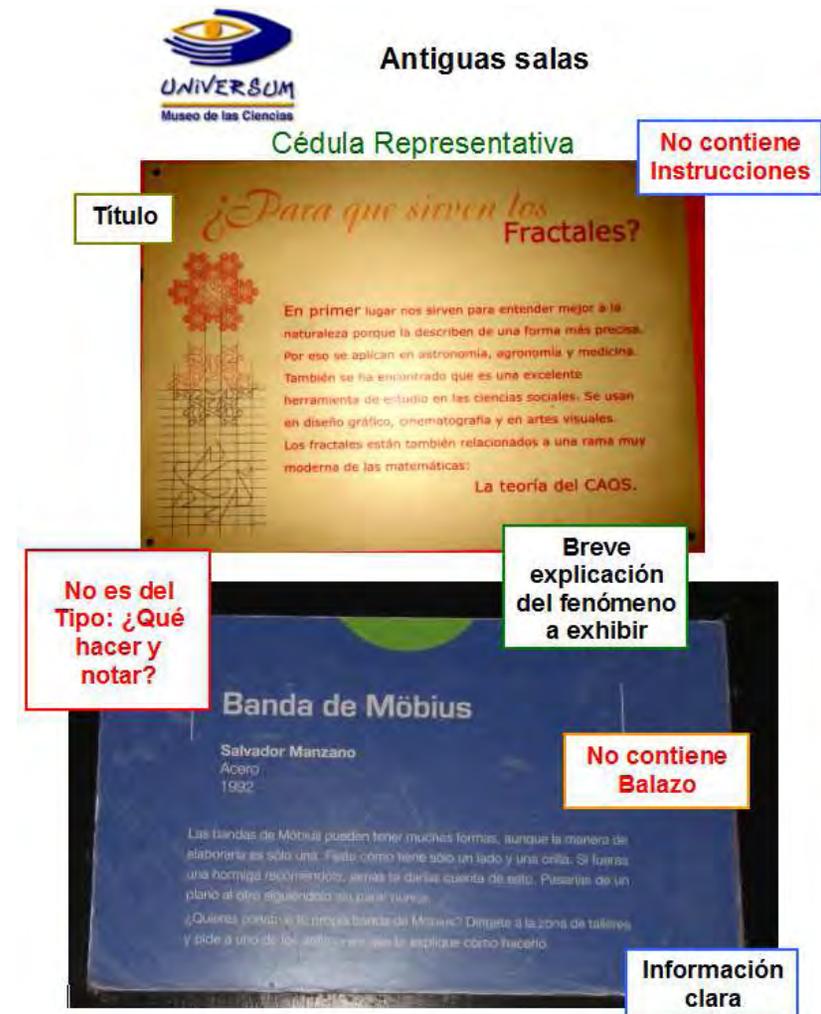


Figura 6.16.-Algunas cédulas que se encuentran en el *Universum* en la antigua sala de matemáticas. En estas cédulas se pueden encontrar sus principales características así como las ausencias (resaltadas en color rojo). En este caso estas ausencias son las novedades que surgieron los museos ancestros Fotos: Adriana Elisa Espinosa, *Universum*, 2012.

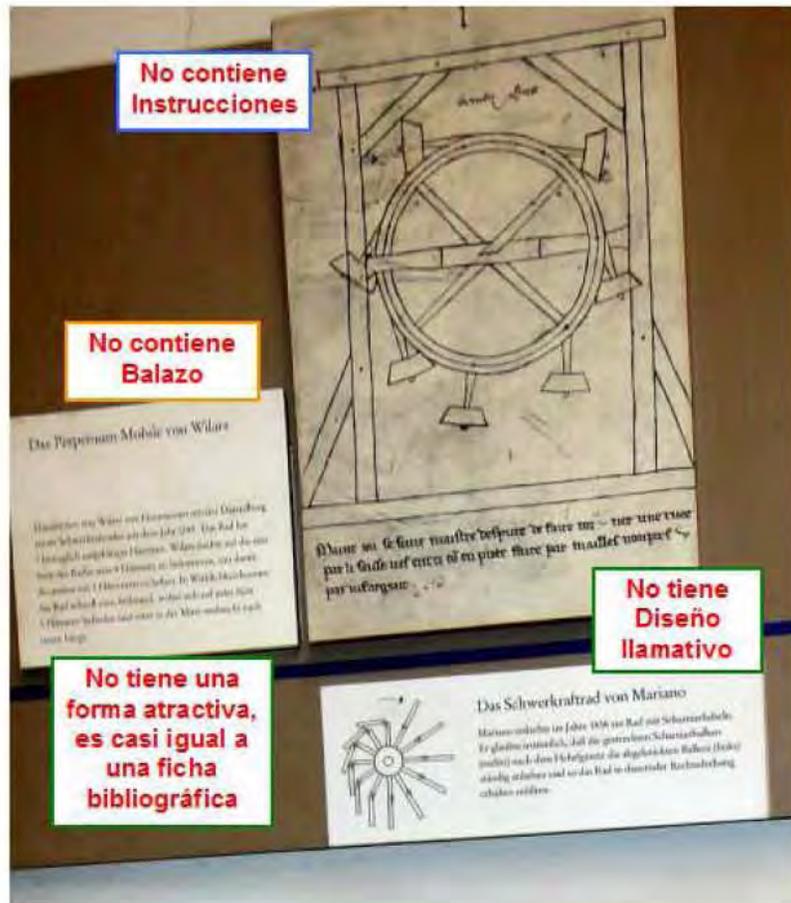


Figura 6.17.-Algunas cédulas que se encuentran en el *Deutsches Museum* en la antigua sala de física. En estas cédulas se pueden encontrar sus principales características así como las ausencias (resaltadas en color rojo). En este caso estas ausencias son las novedades que surgieron en el *Exploratorium*. Fotos: Adriana Elisa Espinosa, *Deutsches Museum*, 2011.



## Antigua sala de niños

### Cédula Representativa



**Se debe leer toda la cédula para poder comprender la exhibición**

**Ayudan a la comprensión de la exhibición**



**Contiene toda la información para comprender la exhibición**

**Instrucciones**

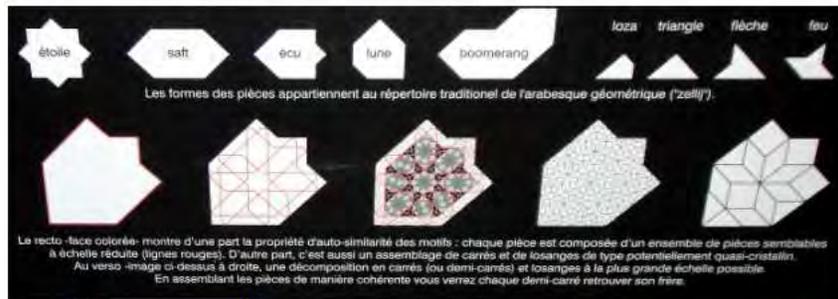
**Breve explicación del fenómeno a exhibir**

Figura 6.18.-Algunas cédulas que se encuentran en el *Science Museum* en la antigua sala de niños. En estas cédulas se pueden encontrar sus principales características así como las ausencias (resaltadas en color rojo). En este caso estas ausencias son las novedades que surgieron en el *Exploratorium*. Fotos: Adriana Elisa Espinosa, *Science Museum*, 2011.



Antiguo

### Cédula Representativa



Información clara

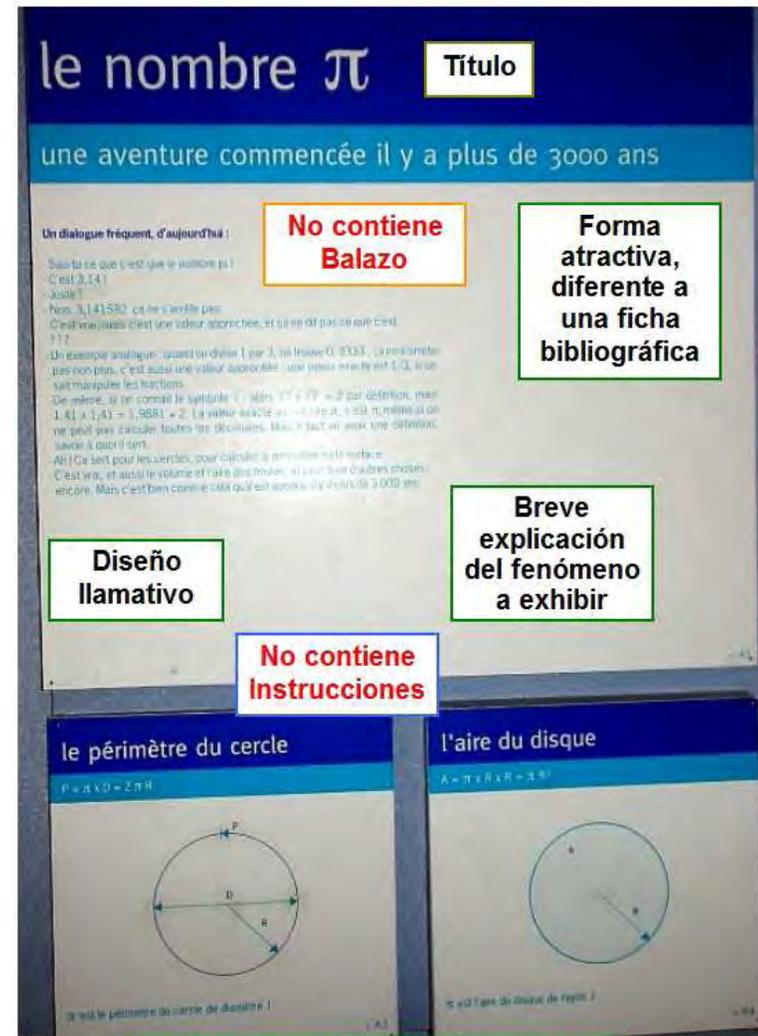
Se acompaña de gráficos o fotos



Se debe leer toda la cédula para poder comprender la exhibición

Ayudan a la comprensión de la exhibición

No es del Tipo: ¿Qué hacer y notar?



Título

No contiene Balazo

Forma atractiva, diferente a una ficha bibliográfica

Diseño llamativo

Breve explicación del fenómeno a exhibir

No contiene Instrucciones

No contiene toda la información para comprender la exhibición

Figura 6.19.-Algunas cédulas que se encuentran en el antiguo Palais de la Découverte. En estas cédulas se pueden encontrar sus principales características así como las ausencias (resaltadas en color rojo). En este caso estas ausencias son las novedades que surgieron en el Exploratorium. Fotos: Adriana Elisa Espinosa, Palais de la Découverte, 2011.



Figura 6.20.-Algunas cédulas que se encuentran en el *Exploratorium*. En estas cédulas se pueden encontrar sus principales características. Las principales novedades que surgieron fueron: aparición de las preguntas ¿qué hacer y qué notar?, balazo, instrucciones, que sí contienen toda la información para comprender la exhibición, diseño llamativo y forma atractiva diferente a una ficha bibliográfica. Fotos: Adriana Elisa Espinosa, *Exploratorium*, 2011.

En conclusión, y a manera de resumen, las características que más han permanecido a lo largo del tiempo en las cédulas, son las que se presentan a continuación, aunque también se pueden apreciar las características o novedades que se han ido eliminando a lo largo del tiempo o que muy pocos museos añaden en sus cédulas:

Rasgos creativos más encontrados en los MCC	14 rasgos creativos evaluados en Cédulas	
En 17 museos:	-Las cédulas cuentan con título.	
En 16 museos:	-Las cédulas cuentan con gráficos o fotos.	
En 15 museos:	-Las cédulas cuentan con un diseño de colores y diferentes tipografías.	
En 14 museos:	-Las cédulas contienen una breve explicación del fenómeno a exhibir. -Las cédulas cuentan con instrucciones.	-Las cédulas tienen una forma diferente a un típico rectángulo parecido a una ficha bibliográfica.
En 13 museos:	-Las cédulas no contienen fórmulas matemáticas o palabras complicadas.	
En 12 museos:	-Las cédulas contienen preguntas intermedias.	-Las cédulas están integradas a la exhibición.
En 10 museos:	-Las cédulas no contienen datos de una ficha bibliográfica.	
En 7 museos:	-Las cédulas contienen el nombre de la sección o sala de la exhibición.	
En 3 museos:	-Las cédulas cuentan con un balazo.	-Las cédulas cuentan con las preguntas ¿qué hacer? y ¿qué notar? -Las cédulas contienen la sección “intenta esto” o “descúbrelo”.

Tabla 6.21.-En la que se muestran los diferentes rasgos creativos encontrados en las cédulas de los 17 MCC analizados. La información de esta tabla puede interpretarse como los rasgos mínimos que sería deseable que se tomaran en cuenta en el diseño de nuevas cédulas (rasgos que se encuentran en un número mayor de museos), así como aquellos rasgos que tal vez podrían eliminarse y que no afectan al diseño principal de las cédulas (rasgos que se encuentran en un número menor de museos).

### **Análisis final e interpretación de resultados con la aplicación del índice de novedad en temáticas (comparación del *Exploratorium* contra museos ancestros)**

Índice de novedad para temáticas:
$\text{Índice de Novedad}(M1   M4) =  22 - 14  = 8$
$\text{Índice de Novedad}(M1   M6) =  22 - 9  = 13$
$\text{Índice de Novedad}(M1   M2) =  22 - 22  = 0$

Donde el museo base a comparar es M1=*Exploratorium* contra los museos ancestros M4=Deutsches Museum (antigua sala de física), M6=Science Museum (antigua sala de niños) y M2=Palais de la Découverte (antiguo).

De la misma forma que se hicieron los análisis de las exhibiciones y las cédulas en la sección anterior, una vez que se utiliza el índice de novedad tomando como base al *Exploratorium* y comparándolos con los 3 museos ancestros, se deben analizar esas novedades, para saber cuáles son las que surgen para el mundo y cuales son las que surgen solamente para cierto museo. En la tabla 6.22 se muestran cada una de las variables novedosas introducidas por cada uno de los diferentes MCC, la cual llamé matriz de novedades. Utilicé la fórmula del índice de novedad para obtener los resultados de las nuevas variables que surgen en los museos ancestros y obtuve los

resultados que se muestran en la siguiente tabla. Cabe destacar que utilicé un código de colores para los 3 siguientes casos: 1.-Una introducción de variables (color verde) será considerada como una novedad para el mundo porque éstas surgen por primera vez. 2.-Una reducción de variables (color rojo) también se le considerará una novedad, pero

será considerada como una novedad para el museo y no para el mundo. 3.-Las variables que permanecen (color negro), son las que de hecho, ya habían aparecido antes en algún museo, no importando si con el paso del tiempo algún otro museo las había eliminado.

### Matriz de novedades en temáticas: comparación del *Exploratorium* con sus ancestros

Clave y Nombre del Museo		Introducción de variables Reducción de variables Variables que permanecen	Año de Apertura	Índice de Novedad	M1 Exploratorium (Año de Apertura: 1969)	
M4	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt13, Vt15, Vt21.	1903	8	Vt12, Vt14, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt22.	Conjunto universo: Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22. Índice de Novedad para el Mundo: 0
M6	Science Museum (Antigua sala de niños)	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt13, Vt15, Vt21.	1931	13	Vt5, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	
M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	1937	0		

Tabla 6.22.-Surgimiento de variables novedosas en las temáticas de los diferentes MCC aplicando el índice de novedad.

Así como en las exhibiciones y cédulas, una vez que se tienen los resultados del índice de novedad para cada uno de los diferentes museos con respecto a las temáticas, se deben comenzar a ver cuáles son esas novedades que surgieron.

De acuerdo con los resultados de la tabla de ausencia/presencia de las temáticas (figura 5.12) y con el dendrograma respectivo (figura 5.14) las temáticas que los 3 museos, M4 *Deutsches Museum* (Antigua sala de física), M6 *Science Museum* (Antigua sala de niños) y M2 *Palais de la Découverte* (Antiguo) comparten en general son: Energía (Vt1),

Calor y Temperatura (Vt2), Sonido y Oído (Vt3), Electricidad y Magnetismo (Vt4), Matemáticas y Patrones (Vt5), Agua (Vt6), Visión y Percepción (Vt7), Mecánica, Dinámica y Movimiento (Vt8), Ondas y Resonancia (Vt9), Luz (Vt10), Química (Vt11), Geología y Materiales (Vt13), Color (Vt15) y Navegación (Vt21).

El único museo que elimina o tiene ausencia de las siguientes temáticas es el *Science Museum*: Matemáticas y Patrones (Vt5), Química (Vt11), Geología y Materiales (Vt13), Color (Vt15) y Navegación (Vt21).

Las temáticas que aparecen a continuación las introduce el Palais de la Découverte pero también las comparten el *Exploratorium*, el *Science Museum* y el *Deutsches Museum*: Astronomía y Sistema Solar (Vt12), Clima (Vt14), Ingeniería y Estructura (Vt16), Biología (Vt17), Olfato, Gusto y Tacto (Vt18), Mente (Vt19), Lenguaje y Habla (Vt20) y Anatomía Humana (Vt22).

En realidad, el *Exploratorium* no innovó en cuanto a temáticas en los tiempos de apertura por ahí de principios de los años 70. Sobre todo porque el *Palais de la Découverte* había abarcado casi todos los temas de ciencia en general en su museo en esa época. También lo hicieron así el *Science Museum* y el *Deutsches Museum*, pero los análisis en calidad de ancestros solamente se hicieron en dos salas particulares dedicadas principalmente a temas de la física. Así que el *Exploratorium* no tuvo “novedades para el mundo o novedad con  $N$ ”.

Todos estos resultados se pueden observar gráficamente en la figura 6.23, donde se logran ver las temáticas que introdujeron cada uno de los museos ancestros, también se podrán observar las que han permanecido y las que se han eliminado por algunos museos a lo largo del tiempo.

### Análisis final e interpretación de resultados con la aplicación del índice de novedad en temáticas (comparación del *Exploratorium* contra museos descendientes)

Índice de novedad para temáticas:	
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M11) =	$ 22 - 15  = 7$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M14) =	$ 22 - 21  = 1$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M3) =	$ 22 - 13  = 9$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M8) =	$ 22 - 20  = 2$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M16) =	$ 22 - 22  = 0$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M9) =	$ 22 - 19  = 3$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M13) =	$ 22 - 20  = 2$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M17) =	$ 22 - 20  = 2$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M7) =	$ 22 - 16  = 6$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M15) =	$ 22 - 14  = 8$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M5) =	$ 22 - 14  = 8$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M10) =	$ 22 - 21  = 1$
<i>Índice de Novedad</i> (M1   M12) =	$ 22 - 22  = 0$

Donde el museo base a comparar es M1=*Exploratorium* contra los museos descendientes M11=Cité des Sciences (antigua sala de Física), M14=At Bristol, M3=Palais de la Découverte (sala Eureka), M8=Heureka, M16=Universum (antiguas salas), M9=Trompo Mágico, M13=CosmoCaixa, M17=Papagayo, M7=Science Museum (sala Launchpad), M15=Universum (nuevas salas), M5=Deutsches Museum (nuevas salas), M10=National Museums Scotland y M12=Cité des Sciences (nuevas salas).

### Cladograma de rasgos novedosos en temáticas

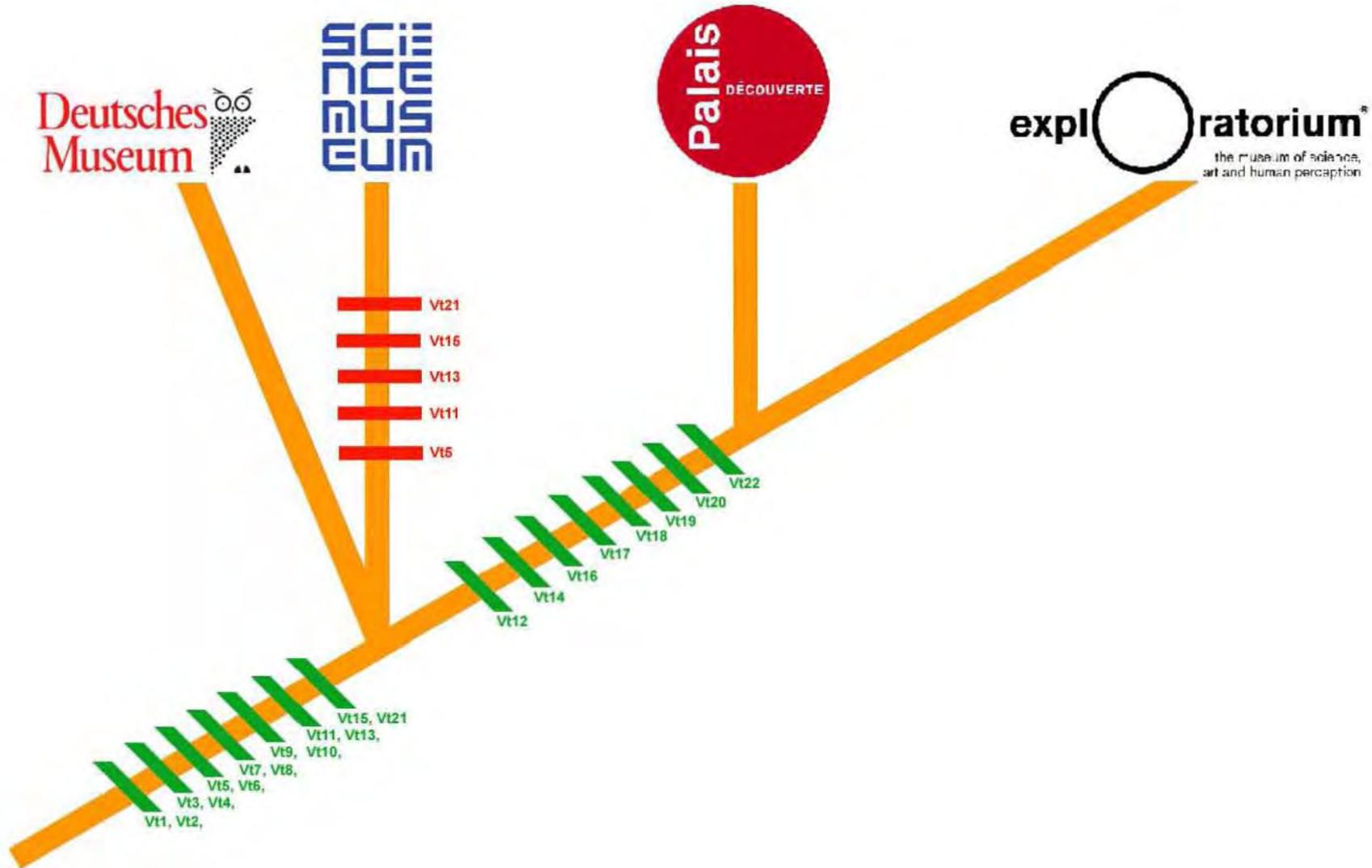


Figura 6.23.-Surgimiento de variables novedosas en las temáticas de los diferentes MCC ancestros junto con el *Exploratorium* a lo largo del tiempo, expuestas gráficamente en un cladograma. Donde las variables en color verde significan una introducción de rasgos novedosos y las variables en color rojo significan una eliminación de características.

De la misma forma que en la sección anterior, una vez que se utiliza el índice novedad tomando como base al *Exploratorium* (aunque en esta ocasión este museo no haya tenido novedades con “N” de todas formas se tomará como base) al comparlos con los ahora 13 museos descendientes, se deben analizar esas novedades. Pero en este caso en particular, al igual que en las exhibiciones y en las cédulas, solamente podremos observar aquellas temáticas que han permanecido o se han eliminado a lo largo del tiempo. La investigación en esta tesis no podrá dar cuenta de las verdaderas temáticas novedosas que han introducido los museos descendientes, aunque, de hecho la eliminación de ciertas variables dan cuenta de actos novedosos, éstos serán solamente novedades con “*n* minúscula” y no novedades para el mundo o las denominadas con “*N* mayúscula”.

En la tabla 6.24 se muestran cada una de las variables novedosas introducidas o eliminadas por cada uno de los diferentes MCC, la cual llamé matriz de novedades. Utilicé la fórmula del índice de novedad para obtener los resultados de las variables que se mantienen o eliminan en los museos. Cabe destacar que utilicé un código de colores para los 3 siguientes casos: 1.-Una introducción de variables (color verde) será considerada como una novedad para el mundo porque éstas surgen por primera vez. 2.-Una reducción de variables (color rojo) también se le considerará una novedad, pero será considerada como una novedad para el museo y no para el mundo. 3.-Las variables que permanecen (color negro), son las que de hecho, ya habían aparecido

antes en algún museo, no importando si con el paso del tiempo algún otro museo las había eliminado. Una vez que se tienen los resultados del índice de novedad para cada uno de los diferentes museos con respecto a las temáticas, se deben comenzar a ver cuáles son esas novedades que surgieron, se eliminaron o se mantuvieron.

De acuerdo con los resultados de la tabla de ausencia/presencia de las temáticas (figura 5.12) y con el dendrograma respectivo (figura 5.14) las temáticas que los 13 museos, M11=Cité des Sciences (antigua sala de Física), M14=At Bristol, M3=Palais de la Découverte (sala Eureka), M8=Heureka, M16=Universum (antiguas salas), M9=Trompo Mágico, M13=CosmoCaixa, M17=Papagayo, M7=Science Museum (sala Launchpad), M15=Universum (nuevas salas), M5=Deutsches Museum (nuevas salas), M10=National Museums Scotland y M12=Cité des Sciences (nuevas salas) comparten en general y que se resumen en la tabla 6.24 son, la permanencia de: Energía (Vt1), Calor y Temperatura (Vt2), Sonido y Oído (Vt3), Matemáticas y Patrones (Vt5) y Astronomía y Sistema Solar (Vt12).

De la misma forma, cuando se comparan los museos descendientes con sus ancestros, incluyendo al *Exploratorium*, la mayoría comparten las siguientes temáticas: Electricidad y Magnetismo (Vt4), Agua (Vt6), Visión y Percepción (Vt7), Mecánica, Dinámica y Movimiento (Vt8), Ondas y Resonancia (Vt9), Luz (Vt10), Química (Vt11), Geología y Materiales (Vt13), Clima (Vt14), Color (Vt15), Ingeniería y Estructura (Vt16) y Biología (Vt17).

## Matriz de novedades en temáticas: comparación del *Exploratorium* con sus descendientes

Variables introducidas por los museos ancestros y el Exploratorium	Año de Apertura	Índice de Novedad	Introducción de variables	Clave y Nombre del Museo	
			Reducción de variables		
			Variables que permanecen		
<b>M1 Exploratorium (Año de Apertura: 1969)</b> Conjunto universo: Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22. Índice de Novedad para el Mundo: 0	1986	7	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M11	Cité des Sciences (Antigua sala de física)
	1989	9	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M3	Palais de la Découverte (Sala Eureka)
	1989	2	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M8	Heureka
	1992	0	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M16	Universum (Antiguas salas)
	2000	1	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M14	At Bristol
	2003	3	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M9	Trompo Mágico
	2004	2	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M13	CosmoCaixa
	2005	2	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M17	Papagayo
	2007	6	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M7	Science Museum (Sala Launchpad)
	2009	8	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M5	Deutsches Museum (Nuevas salas)
	2009	0	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M12	Cité des Sciences (Nuevas salas)
	2010	8	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M15	Universum (Nuevas salas)
2011	1	Vt1, Vt2, Vt3, Vt4, Vt5, Vt6, Vt7, Vt8, Vt9, Vt10, Vt11, Vt12, Vt13, Vt14, Vt15, Vt16, Vt17, Vt18, Vt19, Vt20, Vt21, Vt22.	M10	National Museums Scotland	

Tabla 6.24.- Surgimiento de variables novedosas en las temáticas de los diferentes MCC aplicando el índice de novedad.

Las siguientes temáticas aparecen menos en los museos descendientes, pero lo importante es que a lo largo del tiempo ningún museo elimina por completo más de ocho temáticas a la vez, mismas que se aparecen a continuación: Olfato, Gusto y Tacto (Vt18), Mente (Vt19), Lenguaje y Habla (Vt20), Navegación (Vt21) y Anatomía Humana (Vt22).

Lo más importante al analizar a los museos descendientes es darse cuenta de aquellos rasgos o características que se han mantenido a lo largo del tiempo, temáticas en este caso, para ver si coinciden con aquellas novedades introducidas por el museo modelo inspirador o si han cambiado a lo largo del tiempo. Esta información nos servirá para

obtener, al menos, las temáticas más importantes que deben introducirse a los MCC y aquellas de los cuales se pueden eliminar.

A continuación se muestran algunos ejemplos gráficos que ayudarán a entender mejor cuáles son esas novedades introducidas por los museos ancestros junto con el museo modelo inspirador *Exploratorium* (ver siguientes figuras 6.25, 6.26 y 6.27). E inmediatamente después se presenta un resumen, a manera de conclusión, de todos estos análisis en un cuadro donde se podrán apreciar cuáles temáticas son las que más han permanecido en los MCC.

### Ejemplos gráficos de algunas temáticas representadas en los mapas de los MCC



6.25.-Mapa del *Exploratorium* donde se indican las temáticas. Fuente: Folleto del museo.

# Deutsches Museum



## Planta baja

- 1 Guardarropa
- 2 Petróleo y gas natural
- 3 Metales
- 4 Soldadura homogénea y heterogénea
- 5 Ensayo de materiales
- 6 Máquinas-herramienta
- 7 Máquinas motrices
- 8 Elementos de máquina
- 9 Técnica de alta tensión
- 10 Navegación
- 11 Premio alemán de tecnología e innovación
- 12 Tecnologías nuevas
- 13 Laboratorio transparente
- 14 TUMLab
- 15 Robótica

## 16 Ferrocarril miniatura

- 17 Construcción de túneles
- 18 Aeronáutica (tamb. 1a, N° 33)
- 19 Construcción de puentes (actualmente en reconstrucción)
- 20 Ingeniería hidráulica (actualmente en reconstrucción)
- 21 Péndulo de Foucault

## Sótano

- 22 Minería
- 23 Medio ambiente
- 24 Reino de los niños
- 25 Nano y biotecnología

## Primera planta

- 26 Historia del Museo
- 27 Colección de la academia
- 28 Técnica energética
- 29 Física
- 30 Óptica
- 31 Microscopio electrónico
- 32 Física nuclear
- 33 Aeronáutica (también planta baja N° 18)
- 34 Instrumentos musicales I (actualmente en reconstrucción)
- 35 Química científica (actualmente en reconstrucción)
- 36 Farmacia
- 37 Exposiciones especiales
- 38 Exposiciones especiales

## Segunda planta

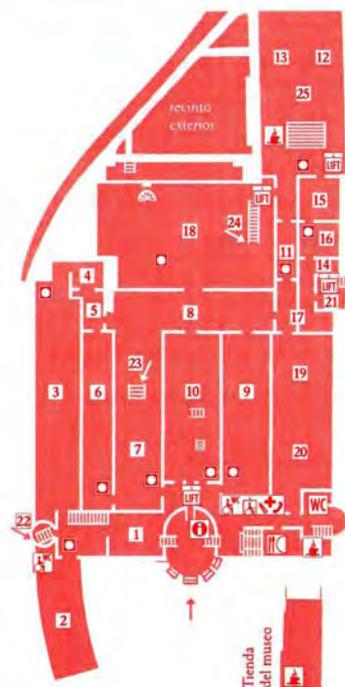
- 39 Cueva de Altamira
- 40 Soplado de vidrio
- 41 Cerámica
- 42 Técnica del vidrio
- 43 Juguetes técnicos
- 44 Papel
- 45 Técnica de imprenta
- 46 Astronáutica
- 47 Fotografía y cinematografía
- 48 Técnica textil
- 49 Instrumentos musicales II (actualmente en reconstrucción)
- Musica electrónica (actualmente en reconstrucción)

## Tercera planta

- 50 Astronomía I
- 51 Geodesia
- 52 Informática
- 53 Microelectrónica
- 54 Gabinete matemático
- 55 Telecomunicación (actualmente en reconstrucción)
- 56 Técnica agraria
- 57 Técnica alimentaria
- 58 Cronometría
- 59 Pesas y medidas

## De la cuarta a la sexta planta

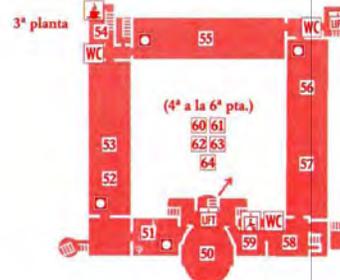
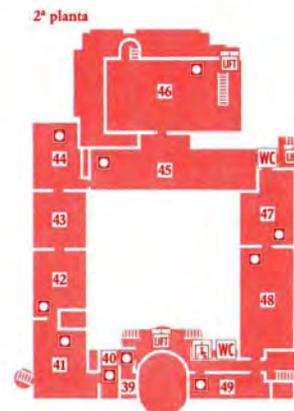
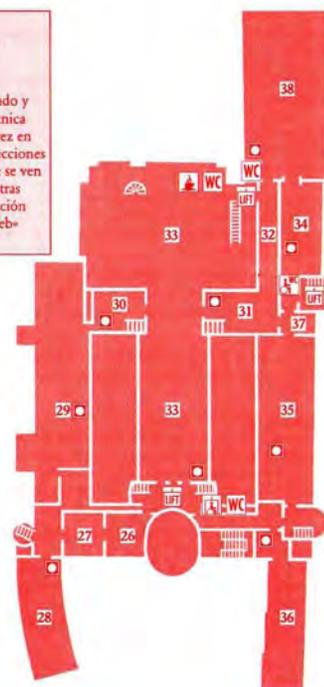
- 60 Astronomía para aficionados (actualmente en reconstrucción)
- 61 Radio para aficionados (actualmente en reconstrucción)
- 62 Astronomía II
- 63 Planetario Zeiss (Entradas en información - Niños a partir de 6 años)
- 64 Jardín de los relojes solares



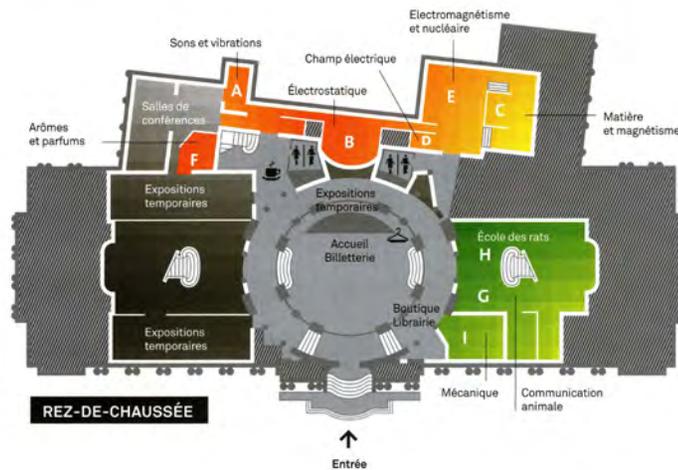
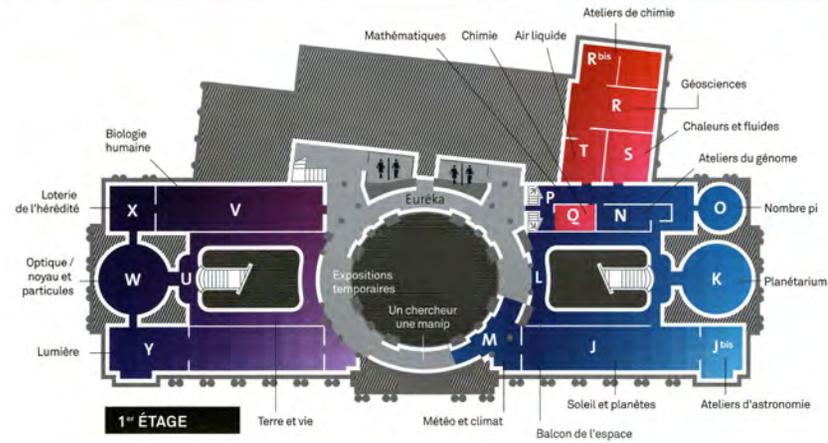
**Cierre provisional de secciones.**  
**! Nosotros trabajamos para el futuro del Deutsche Museum!**  
 Gracias a la iniciativa para el futuro del Deutsches Museum, este está siendo saneado y puesto al nivel más moderno, tanto de técnica como de contenido. Por este motivo, de vez en vez se cierran provisionalmente algunas secciones y sectores de exposición. Pero únicamente se ven afectadas algunas pequeñas partes de nuestras casi 50 Secciones. Para obtener la información actual de cierres, conecte nuestro «sitio Web» (www.deutsches-museum.de).

### Legenda

- Servicios para incapacitados
- Ascensor
- Bar, Café
- Restaurante
- Primeros auxilios
- Teléfono
- Cuarto para cambiar pañales
- Punto de encuentro visitas guiadas



6.26.-Mapa del Deutsches Museum donde se indican las temáticas. Fuente: Folleto del museo.



6.27.-Mapa del Palais de la Découverte donde se indican las temáticas. Fuente: Folleto del museo.

En conclusión, y a manera de resumen, las temáticas que más han permanecido a lo largo del tiempo son las que se presentan a continuación, aunque también se pueden apreciar aquéllas que se han ido eliminando a lo largo del tiempo o que menos museos añaden:

<b>Rasgos creativos, en este caso temáticas más encontradas en los MCC</b>	<b>22 Temáticas evaluadas como rasgos creativos</b>	
En 17 museos:	-Energía.	-Calor y temperatura. -Sonido y oído.
En 16 museos:	-Electricidad y magnetismo. -Matemáticas y patrones.	-Agua. -Visión y percepción.
En 15 museos:	-Mecánica, dinámica y movimiento. -Ondas y resonancia.	-Luz. -Química.
En 14 museos:	-Astronomía y sistema solar.	
En 13 museos:	-Geología y materiales. -Clima.	-Color. -Ingeniería y estructura.
En 12 museos:	-Biología.	
En 11 museos:	-Olfato, gusto y tacto. -Mente.	
En 10 museos:	-Lenguaje y habla. -Navegación.	
En 9 museos:	-Anatomía humana.	

Tabla 6.28.-En la que se muestran las diferentes temáticas encontradas en los 17 MCC analizados. La información de esta tabla puede interpretarse como los rasgos mínimos que sería deseable que se tomaran en cuenta en la creación de temáticas (rasgos que se encuentran en un número mayor de museos), así como aquellos rasgos que tal vez podrían eliminarse y que no afectan al diseño principal de las temáticas (rasgos que se encuentran en un número menor de museos).

## Discusión de resultados

De los resultados de los dos capítulos anteriores se desprenden varias reflexiones:

-Se ha podido demostrar que la creatividad sí es susceptible de ser medida, al menos en alguno de sus rasgos, la novedad; primera hipótesis de trabajo y que sí se pudo comprobar. Si bien la creatividad es un término complejo que se define por el conjunto de varios rasgos o variables que la engloban, a lo largo de este trabajo de investigación se ha constatado que al menos se puede hasta definir una fórmula para la obtención de la novedad, específicamente de las diferentes características en museos y centros de ciencia, a la cual he denominado “Índice de novedad”.

-Los resultados del “Índice de novedad” serán cruciales para determinar las novedades que surjan por primera vez en el mundo, llamadas novedades con “*N*” (que indican el rasgo implícito de la novedad llamada originalidad), y aquéllas que solamente surjan para un determinado museo en un determinado tiempo, denominadas novedades con “*n*”.

-Un rasgo implícito de la creatividad que se logra encontrar es el de utilidad, ésta se visualiza una vez que se tienen los resultados de la matriz de novedades, ya que es hasta esta etapa de análisis donde se logran ver cuáles variables o rasgos se mantienen a lo largo del tiempo. Así que con la ayuda de esta matriz y la tabla de ausencia/presencia se realizó una tabla de rasgos creativos más encontrados en los MCC, y pueden

ser interpretados como la obtención de rasgos mínimos que deben tener cada uno de los productos analizados, en este trabajo en particular, serán los rasgos mínimos que toda exhibición, cédula o temática no deben dejar de tener, si quieren continuar con el modelo *Exploratorium*.

-Las herramientas heurísticas para el análisis de los datos fueron cruciales para la obtención de los resultados. En cierto sentido, el que se utilicen este tipo de herramientas en trabajos con datos que no tienen que ver propiamente con su objetivo inicial, es de una riqueza muy grande y abre nuevas posibilidades, tanto como para el análisis como para la interpretación.

-Siguiendo con la reflexión anterior, el resultado de los dendrogramas no solamente arrojó una clasificación entre los varios museos analizados, sino que permitió ver el panorama completo de cómo éstos se han ido transformando y cómo han eliminado ciertos rasgos de creativos.

-El hecho de hacer una primera clasificación en museos cercanos y museos lejanos al museo modelo inspirador es una primera aproximación para comprobar la segunda hipótesis de trabajo, es decir, que el *Exploratorium* ha sido un modelo a seguir por muchos museos y centros de ciencia. A continuación muestro un dendrograma global en donde se analizaron todos los datos de las tablas de ausencia/presencia de las exhibiciones, cédulas y temáticas, en el que se puede observar un resultado más robusto de esas clasificaciones y agrupaciones entre museos (ver figura 6.29).

## Dendrograma de los análisis globales hechos a las exhibiciones, cédulas y temáticas

El dendrograma muestra los grupos jerárquicos de los MCC que surgen de la tabla de ausencia/presencia global, en donde se aprecian dos grandes grupos, **los museos cercanos** (dentro del recuadro de puntitos color verde claro) y **los museos lejanos** (dentro del recuadro de puntitos de color rosado) al museo modelo *Exploratorium*.

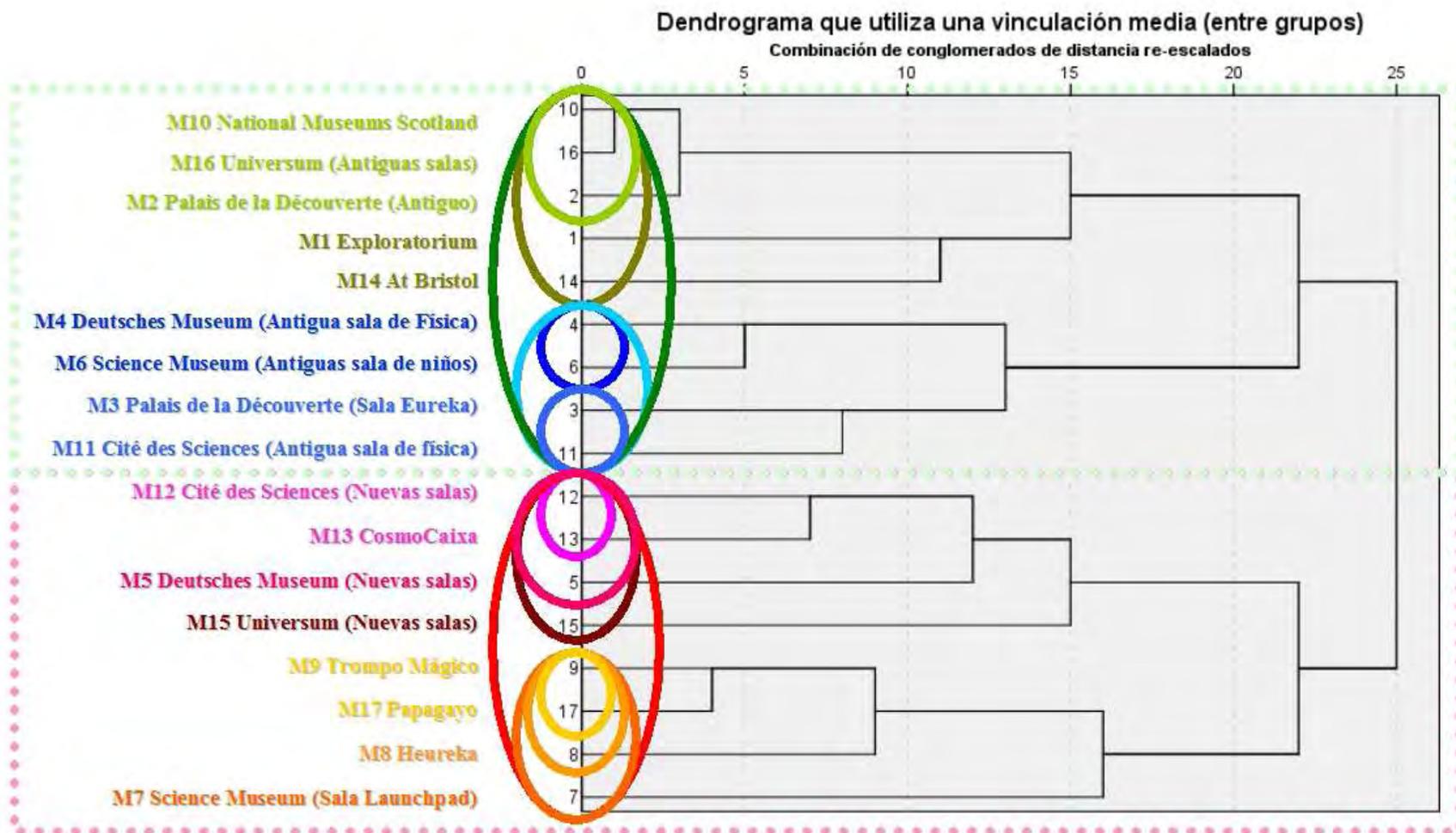


Figura 6.29.-Dendrograma global.

-De la figura anterior se puede observar que se obtienen dos grandes grupos de museos, los que denominé museos cercanos y museos lejanos al museo modelo inspirador, el *Exploratorium*.

-Del grupo de museos cercanos se obtienen dos grupos:

1.-Los museos que más siguen al modelo museo inspirador *Exploratorium* y que en este caso son: El *At Bristol*, el *National Museums Scotland*, el *Universum* (Antiguas salas) y el *Palais de la Découverte* debido a que comparten una mayor cantidad de variables similares.

2.-El grupo de museos que se forma por la característica principal de tener casi las mismas temáticas, en este caso predominantemente de física y son: el *Deutsches Museum* (Antigua sala de física), *Science Museum* (Antigua sala de niños), *Palais de la Découverte* (Sala Eureka) y *Cité de Sciences* (Antigua sala de física).

-Del grupo de museos lejanos se obtienen dos grupos:

1.-El grupo de museos formados por características similares entre ellos y que son: el *Trompo Mágico*, el *Papagayo*, el *Heureka* y el *Science Museum* (Sala Launchpad).

2.-Los museos que ya no siguen casi en ninguna característica al museo modelo inspirador, y es el grupo formado por: *Cité des Sciences* (Nuevas salas), *CosmoCaixa*, *Deutsches Museum* (Nuevas salas) y *Universum* (Nuevas salas).

-Simplemente con estos cuatro grupos de museos se puede notar cómo los museos ancestros influyeron en la creación del *Exploratorium*, cómo luego éste se alejó de sus ancestros y se convirtió en un modelo a seguir por otros museos, y ahora cómo algunos otros ya se están desprendiendo de este último (ver figura 6.30).

-Con el cladograma global de rasgos novedosos (ver figura 6.31) se pueden notar todos los rasgos que han introducido, tanto el *Exploratorium* como sus museos ancestros, y que fueron la base para la creación de los demás MCC. Si bien, con los análisis de esta investigación se pudo notar que el *Exploratorium* solamente introdujo 13 novedades “N” para el mundo divididas en 5 para exhibiciones y 8 para cédulas, es claro que este museo, al optar por mantener los 66 rasgos restantes de los museos ancestros, éstos se convierten en parte del modelo *Exploratorium*.

## Museos cercanos y museos lejanos al museo modelo inspirador

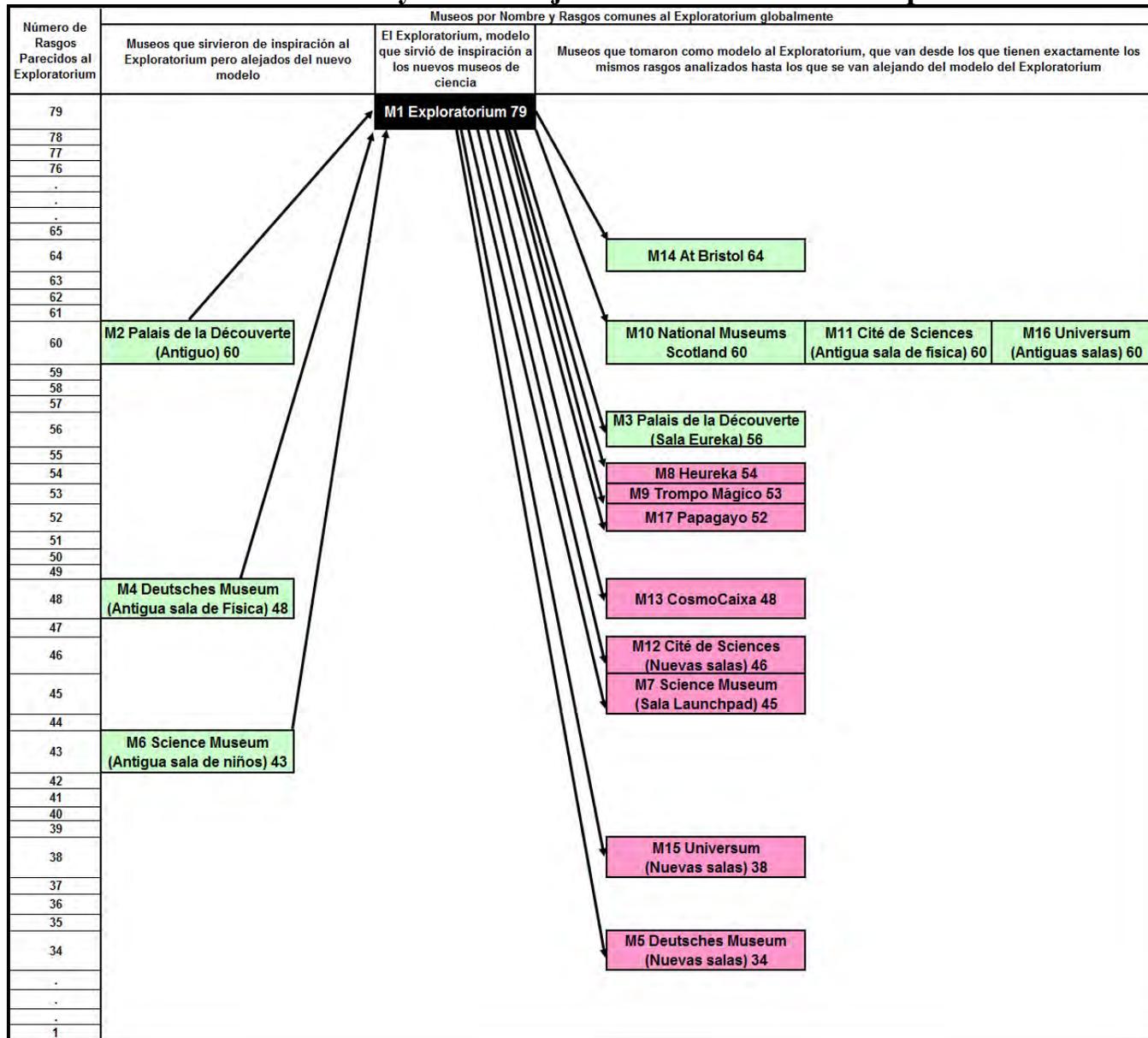


Figura 6.30.-En este diagrama, se puede observar gráficamente cuáles museos se acercan y cuáles se alejan del museo modelo inspirador *Exploratorium* en base a todas las características analizadas en exhibiciones, cédulas y temáticas.

## Cladograma global de rasgos novedosos

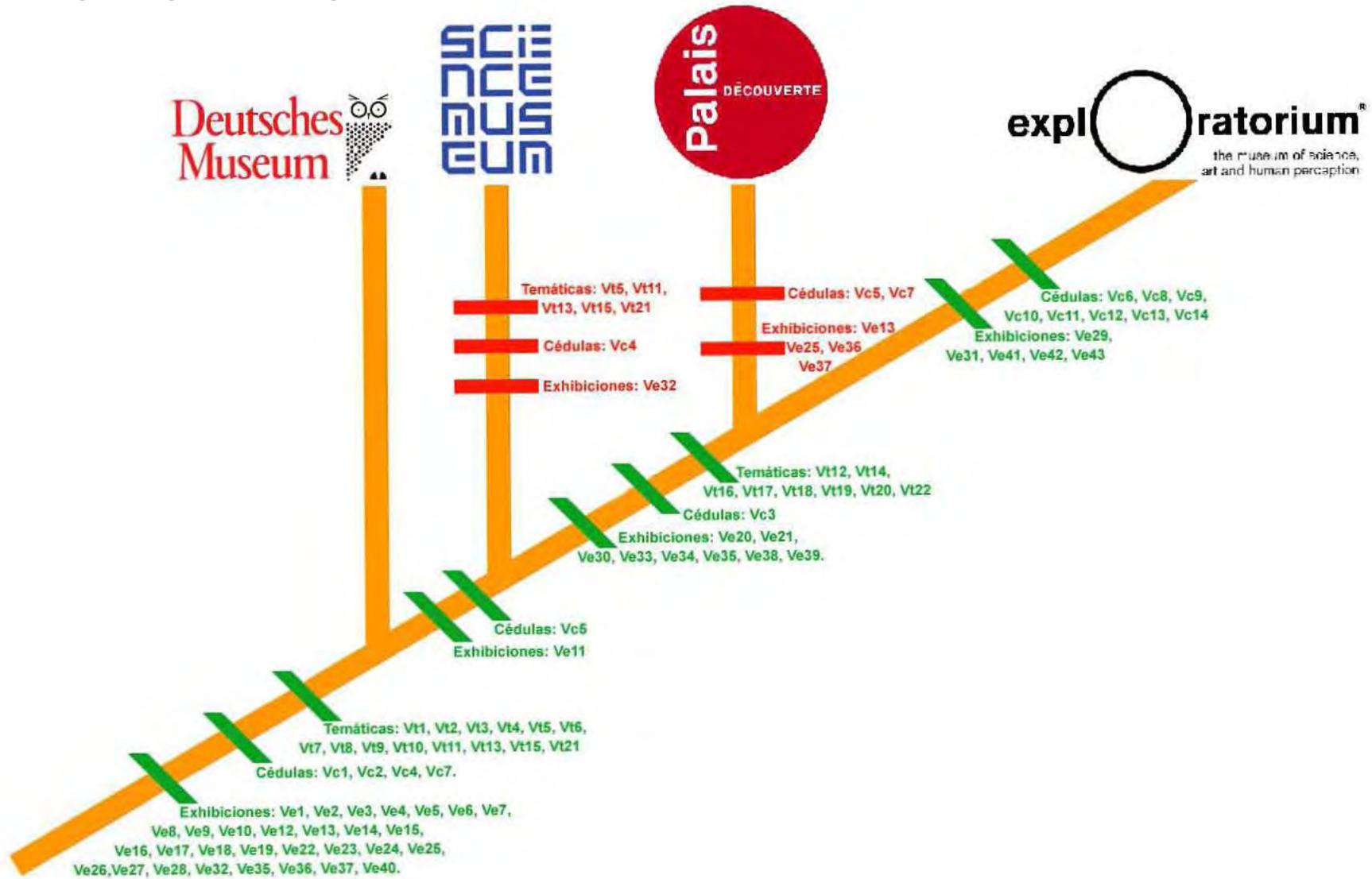


Figura 6.30.-Surgimiento de variables novedosas en exhibiciones, cédulas y temáticas de los diferentes MCC ancestros junto con el *Exploratorium* a lo largo del tiempo, expuestas gráficamente en un cladograma. Donde las variables en color verde significan una introducción de rasgos novedosos y las variables en color rojo significan una eliminación de características.

-Hay muchos otros parámetros o rasgos que engloban la creatividad, y si bien los que se obtuvieron en esta investigación no son suficientes para evaluar todas las características en productos creativos, éstos, al menos, arrojan una luz en el camino para lograr comprender mejor qué es creatividad y cómo se puede medir, sobre todo para ayudar a mejorar esos productos y crear diferentes alternativas de una forma original.

-Con este apartado concluyo que los diferentes productos de divulgación de la ciencia, como los museos y centros de ciencia, sí son susceptibles de ser evaluados en función de su creatividad. Hay todavía mucha investigación que hacer en el campo de la creatividad, y realizar evaluaciones de los productos creativos en un campo como la divulgación de la ciencia, ayudará a comprender mejor cómo crear productos de una forma original, sin tener que copiar modelos completos de productos creativos que podrían resultar en desastres por no entender que lo que hay que copiar es la base de las ideas creativas y no a los productos creativos *per se*.



expl  ratorium®  
2013 @ pier 15



*Conclusiones y  
Recomendaciones*

*Enfrente de la fachada en construcción del nuevo Exploratorium, Elisa Contreras Peña, 2012.*

## Conclusiones

¿Cómo será el museo de ciencia (MCC) del futuro? Sin duda alguna uno podría imaginarse que esos espacios dedicados a la representación y comprensión de fenómenos científicos, contendrán exhibiciones fantásticas, computarizadas y robóticas, realizadas con tecnología de punta y sencillamente espectaculares, que además den cuenta de los avances de la ciencia del momento de una forma atractiva y creativa.

Pero para poder tan siquiera pensar en nuevas formas de exhibir y en nuevos edificios que las albergarán, se debe echar un vistazo al pasado y al presente de la creación de los MCC, ya que éstos han ido cambiando a través de los años y no todo ha sido tan sencillo a la hora de diseñar los MCC, porque si bien por muchos años estos lugares han albergado las más increíbles colecciones del conocimiento humano no están libres de críticas, así lo postula la investigadora Erminia Pedretti (2002:2) –experta en los estudios de ciencia, tecnología y sociedad– en uno de sus artículos en donde afirma que “las marcas o huellas que han dejado estos lugares al exhibir las maravillas de la ciencia, al tener objetos de exhibición como los T. Rex o mostrar las exhibiciones tipo gabinetes de curiosidades” están ahora bajo escrutinio y son objeto de severas críticas [Pedretti, 2002:2]. Esto es debido a que hoy en día, la comunidad de investigadores de los MCC está discutiendo y teniendo serios debates respecto a cuál es la mejor forma de divulgar y representar la ciencia al público, ya que tal vez el modelo que se ha seguido no es el adecuado.

Por lo mismo, se tienen que hacer evaluaciones periódicas de diferentes aspectos dentro de los MCC y estar al tanto de las nuevas investigaciones que versen sobre los estudios relacionados con los MCC. Siguiendo con esta última idea es que decidí hacer una tesis que contribuyera a la investigación en comunicación de la ciencia en términos de evaluación y creatividad. Hasta ahora no he encontrado muchos estudios sistemáticos que permitan evaluar productos de divulgación de la ciencia en términos de la creatividad, y menos aquellos productos derivados de MCC. Es por esto, que a lo largo de esta investigación decidí explorar diferentes modelos de creatividad para, no sólo obtener los rasgos que hacen creativo un MCC, sino para diseñar un modelo de evaluación con el fin de saber de antemano los elementos necesarios para crear exhibiciones, cédulas y temáticas que realmente cumplan con los objetivos por los cuales han sido creados.

Para comenzar, y con la ayuda de un modelo teórico sociocultural de creatividad, el de Mihaly Csikszentmihalyi, ubiqué al MCC más creativo de nuestra época: El *Exploratorium* que fundó Frank Oppenheimer y que se encuentra en San Francisco, California. Y no sólo analicé este MCC en función de sus rasgos creativos, sino que hice un recorrido histórico de todos los museos que se han creado desde el primero hasta nuestros días. Todo con el fin de encontrar los aspectos necesarios que deben tomarse en cuenta al crear nuevos MCC.

Si bien en el capítulo 2 expuse varias posturas y modelos de creatividad, es el modelo de Mihaly Csikszentmihalyi el que arrojó la mejor explicación de dónde se encuentra la creatividad en productos como los MCC en un contexto sociocultural, ya que se basa principalmente en una interacción entre el individuo que genera la idea (en este caso el MCC), el campo simbólico que estimula la idea y la cultura que selecciona esa idea. Así que con este modelo analicé a fondo la creación del MCC que resultó ser el que, en términos de Csikszentmihalyi, cambió el último “paradigma” de los MCC. También se pudo constatar que una idea creativa no surge de la mente de un solo individuo, sino en la interacción entre los pensamientos de éste y un contexto sociocultural.

Volviendo a la palabra “paradigma” autores como Farmelo (1997:97) y Pedretti (2002:2) coinciden en que las rupturas o bifurcaciones en los MCC han sido cambios de paradigma al estilo Thomas Kuhn, además, Pedretti en especial, reflexiona sobre cuál será la naturaleza de este cambio que ocasione un nuevo paradigma en el mundo de los MCC [Pedretti, 2002:2].

Ya desde el capítulo 1 se vislumbraba que en la historia de la creación de los museos hubo varias bifurcaciones, pero la más importante para esta investigación fue cuando los museos se transformaron en centros de ciencia. En términos de Kuhn, y siguiendo con las ideas de Farmelo y Pedretti, a esa bifurcación se le denominaría revolución, justo como Csikszentmihalyi afirma en

su modelo de creatividad en el que una persona o idea socialmente creativas son aquéllas que generan un cambio de “paradigma”. Pero, ¿se puede hablar de etapas paradigmáticas en los MCC, en términos de Kuhn? Por ahora, y para aclarar este asunto, a partir de este momento utilizaré un símil entre teorías científicas y la creación de MCC (sobre todo en el caso de aquellos productos o ideas creativas que, según Csikszentmihalyi, son socialmente creativas o con “C”, y que nombra así a los que han roto los paradigmas de la época) para indagar sobre este asunto.

Un paradigma no es tan sencillo de entender dentro del campo de las teorías científicas, así que me permitiré hacer un análisis desde la perspectiva de la visión de la Dra. Ana Rosa Pérez Ransanz (Pérez Ransanz, 1999) para poder analizar, a forma de analogía, la creación de los MCC y ver si existen en realidad esos cambios de paradigma.

En términos kuhnianos basados en lo que postula Ana Rosa Pérez Ransanz en su libro *Kuhn y el cambio científico*, se puede afirmar que la transformación de los MCC, haciendo una analogía o símil con las diversas teorías científicas, éstas “se desarrollan de acuerdo a un patrón general y comienza con una etapa preparadigmática, en la cual coexisten diversas ‘escuelas’ que compiten entre sí por el dominio de un cierto campo de investigación” [Pérez Ransanz, 1999:29]. En este caso sería justamente la etapa en la que surgieron los primeros museos en general. Según Pérez Ransanz “lo característico de esta etapa es que las investigaciones que realizan los distintos grupos no

logran producir un cuerpo acumulativo de resultados. Este periodo de las escuelas termina cuando el campo de investigación se unifica bajo la dirección de un mismo marco de supuestos básicos, que Kuhn llama ‘paradigma’ [Pérez Ransanz, 1999:29]. Esa unificación se observaría con la creciente preocupación de conservar los objetos de todo el conocimiento de la humanidad. “Esta transición, que ocurre sólo una vez en la vida de cada disciplina científica y es por tanto irreversible, crea el primer consenso alrededor de un paradigma y marca el paso hacia la ciencia madura” [Pérez Ransanz, 1999:30]. Que en el caso de esta investigación en particular, se referiría al surgimiento del museo como “la institución permanente, sin fines de lucro, al servicio de la sociedad y abierta al público, que adquiere, conserva, estudia, expone y difunde el patrimonio material e inmaterial de la humanidad con fines de estudio, educación y recreo” [ICOM, 2007]. Bajo estos mismos supuestos se han creado una y otra vez los diferentes museos a través de la historia. Cuando los museos que se crean son del mismo tipo es cuando se afirmaría que “el marco de supuestos básicos no se considera problemático ni sujeto a revisión” [Pérez Ransanz, 1999:30], se aceptarían los nuevos museos creados sin discusión ya que en esta etapa, que se llama de ciencia normal, es una etapa conservadora y el objetivo no es la búsqueda de novedades. Así que según Pérez Ransanz “en esta etapa se trabaja todo el tiempo con las mismas reglas del juego, y esto permite que los resultados se produzcan básicamente en la misma dirección y sean claramente acumulables” [Pérez Ransanz, 1999:31].

Pero cuando se analiza cómo se crearon los museos, se puede constatar que hubieron rupturas importantes, también que surgieron museos con temas especializados, con diferentes características y objetivos, y un sinnúmero de aspectos diferentes que se pudieron diferenciar y colocar en etapas. Esos museos surgieron, porque aparecieron nuevos problemas y se tuvieron que resolver creando lugares que ya no se parecían del todo a los anteriores. Esos problemas no se pudieron resolver con las herramientas del momento y tuvieron que utilizarse nuevas formas de exhibición, nuevas maneras de hacer cédulas y llegó una especialización de nuevas temáticas a exhibir dentro de los museos. Así que al pasar de un museo a un monasterio, a una pinacoteca, a un jardín botánico, a un zoológico, a un acuario, a un museo de historia natural, a un museo de exhibición de objetos tecnológicos e industriales, a un centro de ciencia, etc., surgen problemas al tratar de exhibir diferentes tipos de objetos naturales y artificiales, pero si seguimos con el símil, esos problemas serían las análogas a las “anomalías”, que en las teorías científicas hacen pensar que algo anda mal en el fondo y sólo un cambio en los supuestos básicos permitirá encontrar una solución [Pérez Ransanz, 1999:30].

Pero en los MCC más que anomalías, simplemente era una nueva forma de exhibir, así que se crearon nuevos lugares de exhibición y surgieron nuevas alternativas para los nuevos temas u objetos. Y así en cada cambio trascendental es a lo que se llamaría un cambio de paradigma, de esta forma en el capítulo 1, cada

cambio de paradigma se vio marcado por un periodo especial, como los museos que exhibían objetos y colecciones, y el cambio que surgió al exhibir solamente ideas o conceptos científicos a través de equipos interactivos. A continuación describiré lo que es un cambio de paradigma en las teorías científicas sólo para tener claro que hay una ruptura o un cambio drástico ocasionado por una revolución, pero repito, no quiere decir que ocurrió de la misma forma en la historia de la creación de los diferentes museos.

En las teorías científicas cada vez que surgen esas anomalías y se resuelven, se vive una etapa de “crisis o ciencia extraordinaria”, ya que surgen nuevas alternativas que implican un rechazo o una modificación en los supuestos aceptados hasta entonces. Es en esta etapa que proliferan las propuestas alternativas que les permitan resolver las anomalías y en palabras de Pérez Ransanz:

“Las crisis se terminan de alguna de las siguientes maneras: 1) el paradigma en tela de juicio se muestra finalmente capaz de resolver los problemas que provocaron las crisis; 2) ni los enfoques más radicalmente novedosos logran dar cuenta de las anomalías, por lo cual éstas se archivan en espera de una etapa futura donde se cuente con mejores herramientas conceptuales e instrumentales; 3) surge un paradigma alternativo que parece ofrecer una solución a las anomalías, y comienza la lucha por lograr un nuevo consenso” [Pérez Ransanz, 1999:32].

Esto último es a lo que Kuhn llama “cambio de paradigma” o “revolución”. “El nuevo paradigma da lugar a nuevos fenómenos y problemas, algunos de los viejos problemas se olvidan, y algunas soluciones dejan de ser importantes o incluso inteligibles. Si esto es así, el desarrollo de una disciplina científica, a través del cambio de paradigmas, no puede ser acumulativo” [Pérez Ransanz, 1999:33]. Y luego, “cuando finalmente, después de un proceso de debate y deliberación, se conforma un nuevo consenso alrededor de uno de los paradigmas, comienza una nueva etapa de ciencia normal. De esta manera, una vez que una disciplina científica ha alcanzado la madurez, pasa repetidamente a través de la secuencia: ciencia normal-crisis-revolución-nueva ciencia normal” [Pérez Ransanz, 1999:33], (ver figura C1).



Figura C1.-En la que se ilustra el ciclo por el que pasa una disciplina científica cuando ésta ha alcanzado su madurez (diagrama de Adriana Elisa Espinosa).

Es justamente que después de analizar los capítulos 1 y 2 se podría afirmar que el último cambio de paradigma de los MCC llegaría cuando surgieron los museos y centros educativos, sin colecciones de objetos, enfocados en la educación informal y de carácter interactivo, y donde la experiencia cobra el papel principal de un visitante. En esta nueva etapa surgen museos tan importantes como el *Royal Ontario Museum* de Canadá y el *Exploratorium* de Estados Unidos de América. Pero es este último el que se acepta como la base de creación de los siguientes MCC, tomándose como museo modelo inspirador (ver figura 3.2); aunque también los museos anteriores al *Exploratorium*, como el *Palais de la Découverte* o el *Deutsches Museum*, toman al *Exploratorium* como nueva inspiración para la realización de nuevas salas, exhibiciones, cédulas y temáticas. El *Exploratorium* se convertiría, pues, en el MCC paradigmático de finales de los años 60 y hasta nuestros días, afirmación que se reforzó en el capítulo 3, que fue dedicado completamente al origen de éste. En este capítulo, el modelo de Csikszentmihalyi arrojaría una luz para poder verificar que en realidad este museo rompió con el último paradigma de los MCC.

Entonces ¿hay etapas paradigmáticas en el mundo de los MCC? En el caso de los MCC, si quisiéramos utilizar en algún sentido la palabra paradigma, tal como lo plantea (Gallegos Riera, 2006:2-15), el sentido de paradigma que se aplicaría en estos casos sería el de logro o realización concreta,

ya que como lo describe este autor los tres tipos principales y “ya establecidos” de “paradigmas museísticos” son los gabinetes de curiosidades, los museos de ciencias naturales y los centros de ciencia con dispositivos interactivos [Gallegos Riera, 2006:2-15]. Sin embargo, no es posible delimitar contundentemente cuándo surge uno u otro tipo de museo, por lo que el “paradigma museístico” no está del todo bien delimitado. Y por otro lado, este sentido de paradigma tendría que dar una “solución exitosa y sorprendente” a un problema específico, por lo que la pregunta que surge aquí es ¿cuál es ese problema?, ¿sería la promoción y representación de la ciencia al público? o ¿es la forma de representar o exhibir objetos, ideas, fenómenos o conceptos científicos? Pero si analizamos el trabajo de Thomas Kuhn sobre los paradigmas en las teorías científicas, el resultado apuntaría a que no hay tal cosa como cambios de paradigmas en los MCC como lo postula Gallegos Riera, y más aún que no hay tales cambios revolucionarios entre éstos; de esta forma no se puede afirmar que en realidad haya etapas paradigmáticas entre los MCC, se pueden analizar etapas marcadas por ciertas tendencias en la forma de exhibir dentro de los museos a través de la historia pero nada más, como pasar de la exhibición de objetos a la representación de ideas o conceptos. Si bien es cierto que los museos han cambiado y se han transformado a través del tiempo, a lo más que aspiramos es a ver diferencias en los temas y en las formas de exhibirlos principalmente, pero no etapas paradigmáticas al estilo Thomas Kuhn, y esa es mi postura.

Si no se puede hablar de etapas paradigmáticas en los MCC ¿de qué sí se puede hablar? La respuesta es de clasificaciones por similitudes, la forma más común para clasificarlos dependen de las características que analicemos, por ejemplo por sus contenidos, representación de temas, objetivos y relación con el usuario-visitante. Muchos autores al clasificar los MCC coinciden en hablar de un antes y después del museo americano más creativo de todos los tiempos el *Exploratorium: the museum of science, art and human perception*, así que con la ayuda de las diferentes posturas y enfoques de creatividad del capítulo 2, analicé el surgimiento del *Exploratorium* y pude constatar que este producto creativo no fue un acto misterioso ni surgió por medio de una inspiración divina, ni fue un hecho inconsciente ni azaroso como sugería Platón. Tampoco surgió de la nada, tal como Boden afirma que no se origina un acto creativo. El enfoque de Koestler tampoco es adecuado ya que no hubo un destello milagroso en la creación de un museo de tal magnitud. El modelo de Poincaré tampoco se ajusta, porque en la fase de preparación se supone una activación de las ideas relevantes en el inconsciente, y después se presenta la etapa de incubación, iluminación y verificación. Y vimos que la creación del *Exploratorium*, primero como idea creativa, no sucedió de esta forma.

En el modelo de Popper se sugiere que el individuo lanza hipótesis arriesgadas para luego comprobarlas con las observaciones y los experimentos hasta que luego logran ser refutadas. Pero lo que le pasó a Frank Oppenheimer, quien tuvo la idea de crear el *Exploratorium*, no fue que hiciera una hipótesis arriesgada, de hecho él había estado trabajando ya en la *Universidad de Colorado* en su ático llamado “Biblioteca de Experimentos” con sus equipamientos de física para ayudar a sus alumnos a reforzar sus conocimientos. Tampoco la serendipia jugó un papel importante en la mente de Oppenheimer ni el azar. Frank sabía perfectamente que los equipos darían a sus alumnos datos inesperados, sorprendidos y estratégicos, pero él los controlaba, ya que siendo un experto en física y ciencia en general, sabía que los resultados llegarían a la mente inquieta y curiosa de los adolescentes. Así que más que serendipia fue una combinación de su trabajo y la extensión de éste al introducir un nuevo tipo de equipamientos (que posteriormente se convirtieron en las exhibiciones de su museo, el *Exploratorium*), los interactivos, generando en Oppenheimer un cambio epistémico de creencias, tal como lo afirman Harré y Aliseda.

Aunque ya había indicios de la interactividad en algunas exhibiciones de pocos museos de ciencia, es con el modelo de Csikszentmihalyi que se logra comprender cuándo esa idea, la de construir un museo como el *Exploratorium*, se consideró realmente una idea socialmente creativa y que lograra comunicar efectivamente la idea de la interactividad y la participación de exhibiciones dentro de un gran museo.

Pero si bien, el modelo de Csikszentmihalyi logra situar a un museo tan importante como el *Exploratorium* en términos de creatividad social, no ayuda en la comprensión a fondo de la obtención de rasgos creativos que ayuden a un experto en la creación de nuevos MCC que no sean una copia de los ya creados.

Mi postura en la realización de nuevos MCC es hacer evaluaciones periódicas de los mismos, no para descalificar los trabajos de los diseñadores o hacer comparaciones críticas sin sentido. Sino que yo creo firmemente en que una evaluación ayuda a dar cuenta a tiempo de algún problema que surja. Así que en el capítulo 4 hice un recuento de por qué es importante evaluar, por qué hay que evaluar en función del producto más creativo que se tenga a la mano y de las herramientas matemáticas que ayudan a lograrlo.

Pronto en el capítulo 5 nos dimos cuenta de la cantidad de aspectos a evaluar en un MCC, unas 330 preguntas que contesté cuando visité los 17 MCC en México y en el extranjero<sup>1</sup>, daban un total de aproximadamente 5610 elementos. ¡Es mucha información! Las respuestas no se concretaban a datos numéricos, sino que eran de tipo social. Afortunadamente la técnica de conglomerados jerárquicos fueron los que ayudaron a clasificar tanta información. Lo que hice primero fue agrupar las preguntas en diferentes rubros y terminé utilizando las que englobaban las exhibiciones,

---

<sup>1</sup> En realidad fueron alrededor de 30 museos, pero se descartaron los museos de historia natural y los museos de historia de la ciencia.

cédulas y temáticas. Realicé una tabla de ausencia/presencia con las preguntas que se podían considerar como objetivas, dejando fuera todas las subjetivas. Con esta tabla pude utilizar la técnica de conglomerados jerárquicos, realicé su respectivo dendrograma y su matriz de distancias, y con los resultados pude constatar cuáles museos sirvieron de inspiración al museo *Exploratorium*, cuáles museos han imitado su modelo y cuáles de ellos se están alejando. Lo interesante es que también obtuve los rasgos creativos que no podrán faltar al momento de crear un nuevo MCC. Con estos análisis pude proponer un modelo para evaluar la creatividad por similitudes en MCC (ver figura C2).

En el capítulo 5 están todos los resultados y la interpretación de éstos en el capítulo 6, pero llegué a la conclusión de que basados en el museo más creativo de los últimos tiempos, se pueden extraer los rasgos que son necesarios para la creación de nuevos MCC que continúen conservando el modelo del museo inspirador, en este caso el *Exploratorium*. Al analizar e interpretar los resultados de los museos que se acercan, son iguales o se alejan del modelo inspirador, del *Exploratorium*, pude notar lo siguiente:

En los tres casos (exhibiciones, cédulas y temáticas), los museos que sirvieron de inspiración al *Exploratorium* (*Palais de la Découverte*, *Science Museum-Children's Gallery* y *Deutsches Museum*), se encontraron muy alejados. ¿Qué es lo que quiere decir? Que el *Exploratorium* no imitó a sus antecesores, Frank Oppenheimer al crear su propio

museo copió la base de las ideas, pero no en sí los mismos aspectos. Al encontrarse entonces alejado de esos tres museos logró innovar y crear nuevas formas de exhibir y de presentar cédulas, ya que en temáticas éstas fueron muy parecidas a sus museos ancestros.

¿Qué pasa con los nuevos MCC? Los que tienen los mismos valores o similares al *Exploratorium*, están siendo conservadores al apoyar este modelo. Se tienen exhibiciones, cédulas y temáticas que o son iguales o son muy parecidos al museo modelo inspirador. Los museos que tienen valores muy dispares al *Exploratorium* son los que son muy diferentes, y eso quiere decir que al alejarse del museo modelo inspirador pueden ser candidatos a tener innovaciones y por lo tanto se perfilarán para ser los nuevos MCC que tal vez formen parte de una nueva transformación en los MCC.

¿Por qué razón los MCC que surgieron después del *Exploratorium* están teniendo valores alejados a este modelo? Tal vez estamos en un periodo en el que conservar el modelo del *Exploratorium* ya no es necesario. ¿Qué tiene de malo seguir con el modelo del *Exploratorium*? Si recordamos el capítulo 3 en el que analicé a fondo la creación de este museo, podremos darnos cuenta de que para empezar, el propósito del *Exploratorium* no fue la colección de objetos, sino la enseñanza de los principios de la ciencia y la tecnología, por medio de experimentos interactivos y participativos similares a los que Frank Oppenheimer había desarrollado en la *Universidad de Colorado* [Alexander, 1997:119].

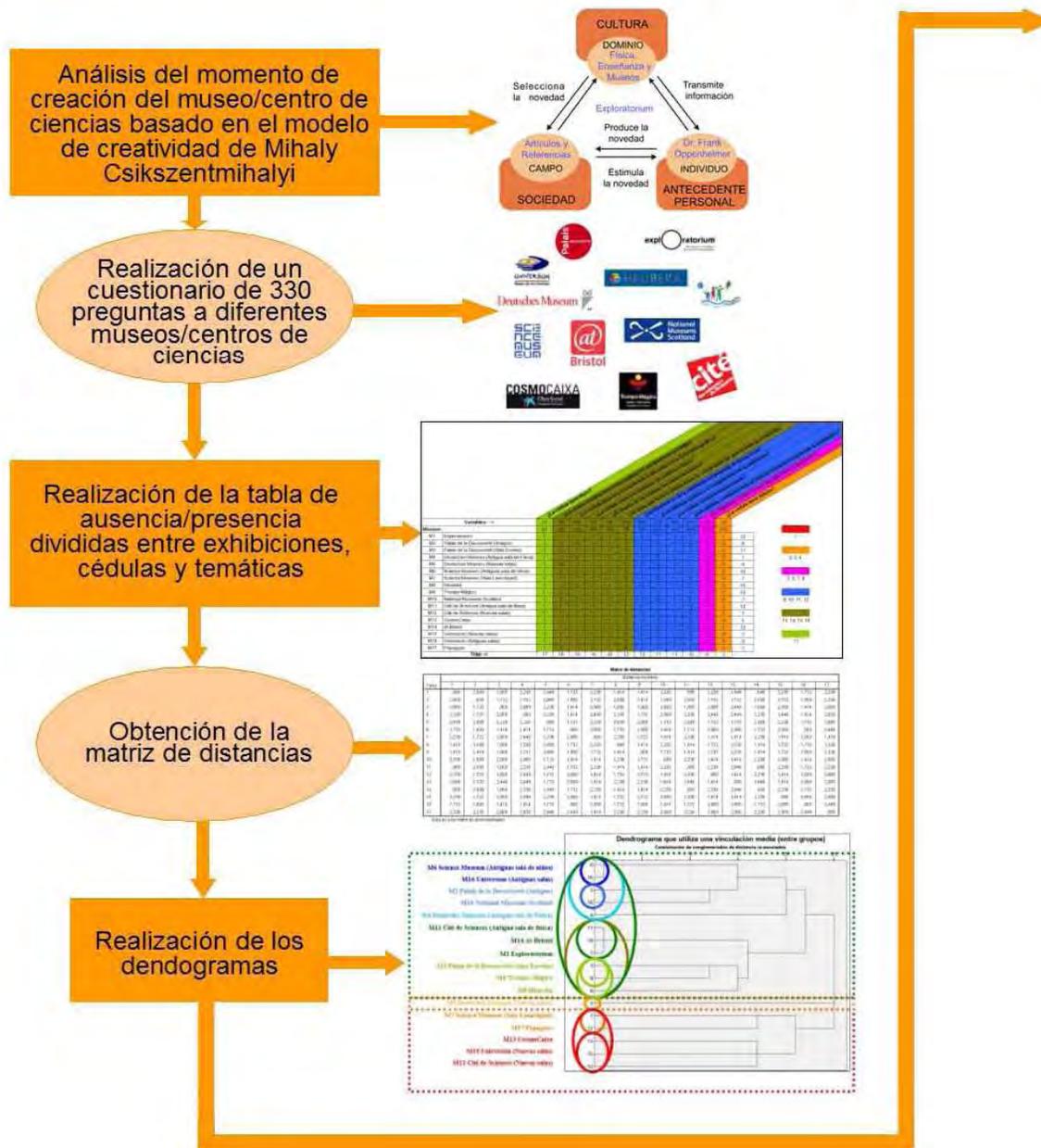
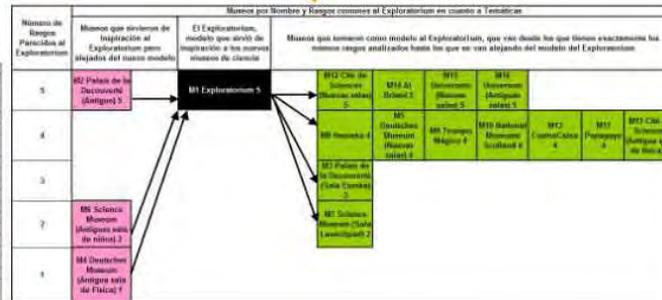


Figura C2.-Modelo de evaluación de la creatividad por similitudes en MCC propuesto por Adriana Elisa Espinosa.

## Obtención e interpretación de resultados

Resultados de los Análisis hechas a las Exhibiciones

Métrica de Distancias	Muestras por Número	Muestras por fuente	Número de Variables Percibidas al Exploratorium
0.000	M1	Exposición	43
3.000	M2	Palais de la Découverte (Antiguo)	34
2.247	M11	Palais de la Découverte (Antiguo sala de Física)	32
3.464	M3	Palais de la Découverte (Sala Física)	31
3.808	M4	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	30
3.808	M6	Science Museum (Antigua sala de Física)	30
3.808	M12	Deutsches Museum (Antigua sala de Física)	30
3.742	M10	Science Museum (Antigua sala)	29
3.742	M13	Science Museum (Antigua sala)	29
4.123	M8	Science Museum (Antigua sala)	28
4.472	M1	Science Museum (Antigua sala)	23
4.472	M14	Science Museum (Antigua sala)	23
4.581	M15	Science Museum (Antigua sala)	22
4.786	M7	Science Museum (Antigua sala)	20
4.889	M7	Science Museum (Antigua sala)	18
5.196	M11	Palais de la Découverte (Antigua sala)	18
5.362	M12	Palais de la Découverte (Antigua sala)	15



## Obtención del índice de novedad

$$\text{Índice de Novedad (Mna, Mnb)} = |TxMna - TxMnb|$$

Clave y Nombre del Museo	Introducción de variables Reducción de variables Variables que permanecen	Año de Apertura	Índice de Novedad	M1 Exploratorium (Año de Apertura: 1969)
M4 (Deutsches Museum (Antigua sala de Física))	Vc1, Vc2, Vc4, Vc2	1903	10	Vc1, Vc3, Vc5, Vc6, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14
M5 (Science Museum (Antigua sala de Física))	Vc1, Vc2, Vc4, Vc5, Vc7	1931	19	Vc3, Vc4, Vc6, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14
M2 (Palais de la Découverte (Antiguo))	Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc7	1937	10	Vc3, Vc6, Vc7, Vc8, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13, Vc14

Conjunto universo: Vc1, Vc2, Vc3, Vc4, Vc5, Vc7, Vc9, Vc10, Vc11, Vc12, Vc13 y Vc14



La misión del *Exploratorium* es crear una cultura de aprendizaje a través de la creación de ambientes innovadores, programas y herramientas que ayuden a la gente a nutrir su curiosidad acerca del mundo que les rodea. Frank Oppenheimer había sufrido los estragos de la segunda guerra mundial y las consecuencias que vinieron con la culminación del Proyecto Manhattan y el lanzamiento de las bombas atómicas sobre Hiroshima y Nagasaki en 1945. Tras su retiro a su rancho en Pagosa Springs y con la ayuda de su esposa Jackie, idearon la creación del museo *Exploratorium*. Para 1969, fecha en la que abrió por primera vez sus puertas al público, el propósito y la misión de éste se ajustaban perfectamente para la época. El que la ciudad de San Francisco albergara un museo de ese estilo marcó un precedente en la historia de los MCC, de eso no hay duda alguna. Pero ahora, 47 años después de la gran inauguración, los tiempos han cambiado, la forma de enseñar ciencia ha cambiado –ya ahora también se abordan los problemas sociales y políticos–, y las transformaciones que hemos tenido a causa del avance acelerado de la tecnología nos ha hecho cambiar la forma en la que vemos al mundo.

Ya lo afirmaba el investigador James M. Bradburne, en su artículo *Dinosaurs and White Elephants: the Science Centre in the 21st Century* que “el centro de ciencia como se ha definido en el presente es un dinosaurio con amenaza de extinción no en el futuro distante, y el centro de ciencia como un proyecto capital es un elefante blanco que solamente el gobierno puede estar al

mando con irreuperables deudas” [Bradburne, 1998:237]. Así que ahora es cuando se tiene que cambiar el modelo de MCC que tenemos desde 1969, necesitamos renovar este tipo de lugares, se necesita, tal vez una nueva transformación en la manera de exhibir para tener nuevas formas de comunicar la ciencia desde una perspectiva más integral.

Ese verdadero cambio hará que se haga una nueva clasificación en los MCC. En la figura C3 se puede apreciar la tabla de Schiele, Perraton y Boucher (Schiele, 1991:36) con su particular visión de clasificación de los MCC y me permitió modificarla para que se logre plasmar mi punto de vista sobre lo que sería una nueva transformación en los MCC. Si vemos el penúltimo rubro y analizamos el problema que surge derivado de los MCC, que se concentran en tener dispositivos interactivos, yo afirmo que ahora contamos con un abuso de la tecnología. ¿Cuántas veces hemos asistido a un MCC y nos topamos con exhibiciones y equipamientos digitales, con pantallas “touch-screen”, dependientes de computadoras, completamente interactivas y sin necesidad de contar con guías o explicadores que ayuden a comprender esa exhibición? Hoy en día es normal toparse con todo tipo de exhibiciones de ese estilo y lo común entre los deseosos de tener un MCC de punta es contar con exhibiciones de última tecnología. Pero yo me pregunto ¿vale la pena gastar tanto dinero y esfuerzo por tener “lo último” en tecnología de construcción de exhibiciones? Ese es el gran problema que señalo precisamente en esta época de los MCC.

Periodo	¿Qué pretende?	Medios para conseguirlo	Pregunta que plantea	Problema	Ejemplo
XV-fin XVIII	Contemplar Hacer ver	conservación	¿Qué hay?	Acumulación	Primeros museos
Fin XVII Fin XIX	Instruir, transmitir conocimiento	La didáctica	¿Qué es esto?	Didactismo	Museos de historia natural
Fin XIX 1950	Educación, Hacer Comprender	La pedagogía	¿Qué quiere decir?	La ideológica	Palais de la Découverte
1950- <b>2013</b>	Participar	Dispositivos Interactivos	¿Cómo funciona?	<b>Abuso de la tecnología</b>	Exploratorium
<b>2013 -</b>	<b>Debatir, Argumentar</b>	<b>Instalaciones Científico-Sociales-Políticas</b>	<b>¿Cuál es mi papel en la toma de decisiones? ¿Quién soy?</b>	<b>Controversias, Balance en instalaciones</b>	<b>¿Nuevo Exploratorium?</b>

Figura C3.-En la que se muestra la tabla de Schiele, Perraton y Boucher (Schiele, 1991:36) descrita ampliamente en el capítulo 3, pero con la modificación de mi propia propuesta y observaciones.

Los problemas que yo veo que están surgiendo en esta etapa son: los fenómenos de la ciencia que se muestran y exhiben en los MCC están descontextualizados; hay una gran cantidad de multimedios que se usan al azar; debido a que la forma de enseñar ciencias hoy en día cubren aspectos sociales, económicos y políticos dentro de las escuelas, es que se requieren exhibiciones que contengan toda esta nueva forma de aprehender ciencia, y la realidad es que la ciencia no se está percibiendo de esta forma en los MCC del presente y es muy difícil representarlos sólo con equipos interactivos; los MCC se están estancando y presentan sólo una visión que ha durado al menos 47 años.

Son muchos los problemas que podría listar y yo me pregunto ¿estará por llegar la siguiente transformación de los MCC? El tiempo dirá si ya es hora de un cambio drástico en las clasificaciones de los MCC o no. Pero lo que sí es seguro es que desde este tipo de trabajos se pueden visualizar muy bien los problemas y los aciertos que se tienen a la hora de montar una exposición en algún MCC. Así que a continuación daré algunas recomendaciones, que basadas en este trabajo de tesis, nos ayudarán a mejorar los MCC del presente.

### **Recomendaciones y futuras líneas de investigación**

Como no tenemos una bola de cristal que nos indique si al crear un nuevo MCC éste se adecuará a las necesidades actuales, es por lo que propongo que tengamos evaluaciones periódicas de los diferentes aspectos que abarca un MCC. Para comenzar, analicemos el último rubro de la figura C3. Comienzo con el año de 2013 porque en abril se abrió el nuevo museo *Exploratorium*. Éste ya no se ubica más en el Palacio de las Bellas Artes de San Francisco, sino en dos de los muelles que están cerca del puente Bay Bridge en los “Piers 15/17”. A lo largo de la tesis nos pudimos dar cuenta de que el *Exploratorium* fue el modelo inspirador de los nuevos MCC, ahora que este museo se cambió y se remodeló ¿seguirá la misma línea que comenzó con Frank Oppenheimer? Este nuevo museo tiene una área total de aproximadamente 39,200m<sup>2</sup>, cuenta con un observatorio, salas de equipos interactivos, salones de clases, taller de construcción de exhibiciones con vista al público, restaurantes, área exterior para exhibiciones al aire libre, teatro, tiendas, estudios de aprendizaje, estudio “webcast”, laboratorio de biología, laboratorio de investigación y evaluación de los visitantes, terrazas, área para eventos, y por supuesto, área para exhibiciones permanentes y temporales. Como se puede notar es 3 veces más grande que el *Exploratorium* que se encontraba en el Palacio de las Bellas Artes, está en una zona con más afluencia de turistas y el director Dennis M. Bartels, que se encargó de mudar al *Exploratorium* a su nuevo lugar en los muelles, prometió conservar el espíritu de Oppenheimer.

Pero, ¿el nuevo *Exploratorium* seguirá siendo el modelo a seguir para los futuros MCC del mundo? Es muy pronto para dar una respuesta afirmativa, pero lo que sí sabemos es que tendrá que contar con innovaciones en sus exhibiciones. ¿Qué tipo de novedades o creaciones tendrán que cambiar para que se vayan arreglando esos problemas? Pues justo las del tipo que señalo en el último capítulo de la tesis, donde presento el resultado del modelo de evaluación de creatividad en exhibiciones, cédulas y temáticas, junto con el “Índice de novedad”. Lo que muestro ahí son una serie parámetros o rasgos mínimos con los que se debe contar si lo que se quiere tener es, en principio, la base de lo que será una exhibición, una cédula o una temática, con los rasgos más creativos que se realicen en un momento determinado. Con el modelo que propongo podremos medir los parámetros en función del MCC más creativo de la época, y con el tiempo, estos rasgos podrán ir cambiando y se podrán adecuar a las nuevas características que comiencen a aparecer. En este trabajo de tesis se presentaron los resultados tomando como base al *Exploratorium* y se analizaron los rasgos que resultaron más creativos en los demás MCC, pero se puede adecuar a cualquier otro museo que en el futuro cercano tome la batuta en cuanto a innovaciones y creatividad. Aunque también se pudo haber hecho un estudio, como el que propone el Msc. en Física Francisco Julián Betancourt Mellizo “de la relación que guarda el *Exploratorium* con los otros dos museos pioneros de la línea de los centros educativos de ciencia y tecnología, es decir, con el

*Royal Ontario Museum* y el *Lawrence Hall of Science*, para responderse preguntas como si hubo influencia mutua en su creación, o si se desarrollaron de manera independiente, por qué el *Exploratorium* se tomó como modelo para la creación de nuevos museos y centros de ciencia y no así el de los otros dos museos pioneros, qué paso con sus propios modelos” en fin, un sinúmero de preguntas alrededor del origen de estos museos. De esta forma no tenemos un modelo estático para evaluar la creatividad y para un único ejemplo, sino que este modelo nos permite analizar cualquier MCC en función del museo que se elija.

Recordemos que en el capítulo 2 Margaret Boden afirma que algo creativo no puede surgir de la nada, y justamente así es como surgió el *Exploratorium*, ya que Frank Oppenheimer se fijó principalmente en algunas ideas de 3 MCC, esto lo vimos en el capítulo 3. Pero no copió tal cual en lo que se fijó, sino que copió la base de las ideas y las adecuó a su nuevo MCC. De esta forma es que mi modelo de creatividad funcionará, ya que yo afirmo que para poder hacer innovaciones en exhibiciones, cédulas o temáticas, debemos primero tener los parámetros o rasgos creativos básicos, para que una vez que sepamos qué es lo que debe contener se podrá pasar a la etapa de verdaderas innovaciones o novedades para el mundo “N”. Si bien los parámetros encontrados en esta tesis no son suficientes para evaluar productos creativos, sí nos arrojan una luz en el camino para lograr comprender mejor qué es creatividad y cómo podemos medirla, para ayudar a mejorar esos productos y crear diferentes alternativas de una

forma original. Para lograr esto, se tendrán que hacer más investigaciones para poder obtener una medida objetiva de los diferentes indicadores de creatividad como los expuestos en el capítulo 6, en donde se proponen, además de la novedad o innovación, la calidad, el factor sorpresa, la exploratoriedad y la expresividad.

Es precisamente que con los resultados presentados en el capítulo 5 y 6 concluyo que los diferentes productos de divulgación de la ciencia, como los MCC, sí son susceptibles de ser evaluados en función de su creatividad. Hay todavía mucha investigación que hacer en el campo de la creatividad y hacer evaluaciones de los productos creativos en un campo como la divulgación de la ciencia, ayudará a comprender mejor cómo crear productos en una forma original, sin tener que copiar modelos completos de productos creativos que no podrían resultar exitosos por no entender que lo que hay que copiar es la base de las ideas creativas y no a los productos creativos *per se*.

Yo recomiendo que aunado a las evaluaciones se revise bien para qué se quiere crear un MCC, o al menos una sala dentro de un MCC, es decir su objetivo de crearse. Al respecto hago la siguiente reflexión con un museo en particular que visité en Oxford, Inglaterra, pero que quedó fuera de la evaluación de esta tesis por tratarse de un museo de historia de la ciencia y no un MCC, pero que bien vale tomar en cuenta. El acierto más grande que tiene el museo *Museum of the History of Science*, a mi parecer, es que contiene elementos originales como “El Pizarrón de Albert Einstein” o

“El equipo original donde se hizo el cultivo de la Penicilina de Alexander Fleming”. Estos dos ejemplos muestran que una exhibición no tiene que estar rodeada de un gran equipamiento interactivo. La exhibición es original por tratarse de un elemento único e irremplazable. Una exhibición como cualquiera de estas dos tienen elementos, que con el paso del tiempo, se han convertido en piezas con la característica más importante que es originalidad, que si bien está muy ligada a los conceptos de creatividad, innovación o novedad, vimos en el capítulo 2 que sí hay una diferencia, por tratarse de la primera vez que surge en el mundo y que con el paso del tiempo, puede ser motivo de copia. Los visitantes saben de la relevancia de estas piezas y las admiran con un profundo respeto y emoción al mismo tiempo.

Es posible que, por ejemplo, el contenido del pizarrón de Einstein no sea entendido por la mayoría de las personas, tal vez sólo lo entiendan los físicos o matemáticos familiarizados con el trabajo del prominente físico, pero la importancia radica en que las personas saben que este personaje revolucionó una parte de la ciencia y que seguramente lo escrito ahí es tan importante que por eso se encuentra en un recinto como el *Museo de Historia de la Ciencia* de Oxford. Esta pieza es irremplazable, porque si se pierde, Einstein ya no vive como para poder escribir de nuevo unas cuantas fórmulas en un pedazo de pizarrón como el que está en el museo. Pero además, tampoco podemos regresar el momento en el que escribió esas fórmulas, tal vez fue un momento en el que se le ocurrió una idea brillante que más tarde usaría

para describir sus teorías de la relatividad, mecánica estadística o mecánica cuántica. El momento no puede ser reemplazado ahora.

¿Qué pasaría si reproducimos ese pizarrón en miles de pósters y los distribuimos en todos los MCC y, por qué no, de arte? Seguramente las copias no tendrían el mismo efecto en los visitantes. Aunque es verdad que la obra llegaría a miles de personas alrededor del mundo, el efecto que pudiera causar se vería reducido tal vez a la expresión: Sí, ahí está otra vez el pizarrón de Einstein, y ¿eso qué? A lo que me refiero es que la pieza, que una vez tuvo la característica de originalidad, lo que ahora tendría sería una reproducción en masa, con una imagen tan familiar al resto de la población, que ya ni siquiera la admirarían. Perdería todo el sentido por lo cual se exhibe en un solo lugar, en este caso en el *Museo de Historia de la Ciencia* de Oxford.

Un caso similar puede entenderse con la pintura “La Mona Lisa” de Leonardo da Vinci. Esta obra maestra tiene una relevancia muy importante en el mundo artístico porque con ella se revolucionó la forma de pintar de la época, Leonardo da Vinci al utilizar la técnica del Sfumato cambió el paradigma de la pintura en la transición del oscurantismo de la Edad Media al Renacimiento. Hay demasiadas características más por las que este cuadro es verdaderamente una joya de arte pero nos limitaremos a saber que efectivamente es un cuadro importante, único e irremplazable. La mayoría de la gente que va al museo de Louvre no se pierde este cuadro, tal vez recorran todo el museo y no logren

ver determinadas obras de arte, pero la Monalisa siempre está en su itinerario, y casi no hay una sola persona que no deje de admirarla una vez que conocen el camino hacia este famoso cuadro. En cuanto llegan a la sala de “La Monalisa” los flashes no se hacen esperar y el murmullo de la gente indica que efectivamente uno se encuentra en la sala de uno de los cuadros más famosos de la historia de la humanidad. Si uno conoce la historia a fondo de Leonardo da Vinci, la razón de por qué realizó ese cuadro, la técnica que usó, el contexto en el que lo pintó, y demás características, los visitantes simplemente se desvanecen al contemplar dicho cuadro. La emoción los embarga y ven realizados sus sueños de admirar la obra en vivo y a todo color. Si un visitante no está informado acerca de este cuadro, y solamente llega guiado por la fama, el cuadro puede que los decepcione por su tamaño o por la oscuridad del mismo. Pero no importa si el apreciador de la obra está informado o no, están frente a un cuadro original, innovador, expresivo, con una gran calidad, interesante y sobre todo, irremplazable.

Al menos eso pasa en el Louvre, pero ¿qué ha pasado con las copias del cuadro? Me refiero a que la imagen de ese cuadro se ha visto reproducida en miles de objetos, pósters, tazas, llaveros, manteles, calendarios, playeras, platos, vasos y no acabaríamos de listar todo tipo de objetos que contiene esta imagen. Y no solamente se ha reproducido en su forma original, también se utiliza, por ejemplo, para propaganda y partes del cuadro son reemplazados por dibujos o expresiones nuevas.

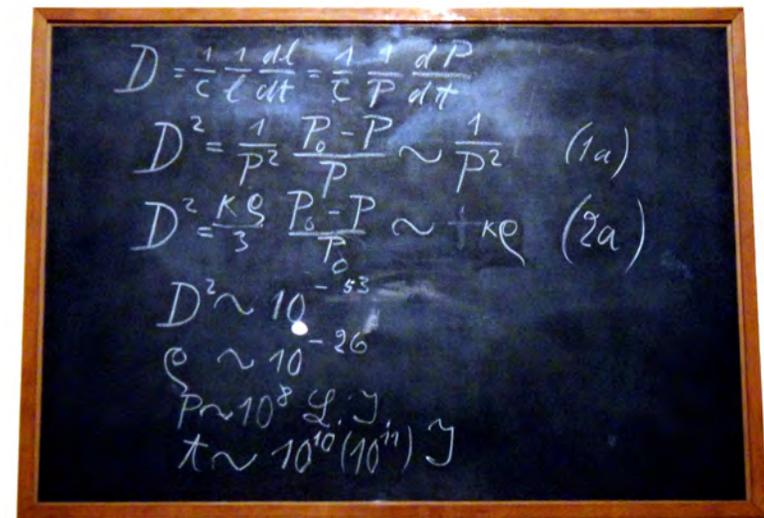
Pues lo que ha pasado es que la imagen de la Monalisa está en todas partes, la gente está tan familiarizada con ella, que le ha perdido el respeto, no le interesa la historia de Leonardo da Vinci y la imagen se ha gastado a los ojos de los millones de personas que habitan este planeta. Si esa imagen de la Monalisa se encontrara en todos los museos del mundo, una persona podría pensar que le han tomado el pelo. Puesto que esa persona espera ver el cuadro original, por eso está en un museo, pero se topa con una reproducción. Si vuelve a ir a otro museo y la vuelve a encontrar ¿qué es lo que pasaría? Pues tal vez no regresaría más a ningún museo de arte porque pensaría que siempre encontraría el mismo cuadro o cuadros, entonces ¿para qué ir a un nuevo museo si va a encontrar lo mismo siempre? Este visitante potencial se convierte en una persona que no regresaría más a un museo de arte.

Eso mismo pasa con las exhibiciones de los MCC. Si se exhiben una y otra vez en los diferentes museos éstos perderán todo su sentido por los cuales fueron creados. Un MCC (con la noción de ciencia que contiene rasgos universales), tendrá un visitante que admire sus exhibiciones pero que si se encuentra en algún otro lugar con algún otro MCC ya no le será atractivo, porque sabe que tendrán los mismos principios científicos que una persona más o menos ilustrada debe saber, como principios de física, astronomía, biología, química, el cuerpo humano, tecnología, matemáticas, entre otros. Como sabe que la ciencia es universal y se hace siempre de la misma forma ya no le será atractivo visitar un nuevo MCC. Y si a esto le añadimos que

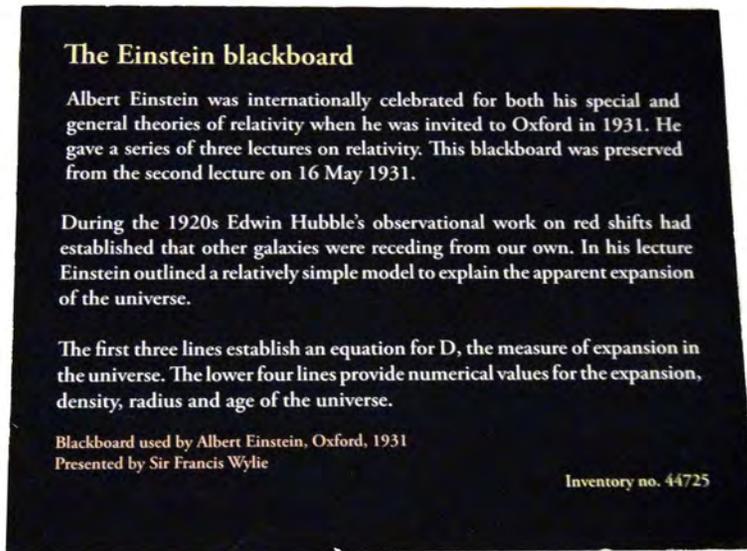
las exhibiciones que se crean se exportan a otros museos, y en consecuencia se colocan las mismas exhibiciones (aunado a que un fenómeno físico, una vez que se ha encontrado la manera de poder exhibirlo de una forma se reproduce de la misma manera siempre), pues un visitante que ve esto no querrá volver a un nuevo MCC.

Regresando al pizarrón de Einstein, lo que vemos en el museo que lo aloja, es un gran número de personas que pregunta por él y en consecuencia un gran número de personas encuentra lo que estaba buscando. Una exhibición original e irreemplazable y que se encuentra en un solo lugar en el planeta Tierra. Si los demás MCC entendieran que el éxito de su museo no radica en el número de visitantes que entran sino en el número de visitantes que se maravillen con alguna exhibición, que entiendan algún concepto científico expresado de una forma original en alguna exhibición, que cambien su forma de pensar al admirar un pedacito de la historia de la ciencia o se lleven alguna emoción para seguir comprendiendo la ciencia en general, entonces los creadores de los museos se darían cuenta que no es adecuado comprar las exhibiciones interactivas más atractivas por catálogo o imitar las exhibiciones de otros MCC, sobre todo de uno que marcó una revolución en la creación de exhibiciones de los años 70 (el *Exploratorium*). Lo que sería adecuado es reflexionar acerca de por qué ciertas exhibiciones son exitosas, en el sentido antes mencionado. Es decir, reflexionar ¿por qué una exhibición como el pizarrón de Einstein es exitosa y cuáles son esos elementos o características?

En primer lugar el pizarrón de Einstein es una pieza única e irreemplazable. En segundo lugar el personaje, Albert Einstein, no es cualquier persona ni tampoco lo es lo que escribió en ese pizarrón. Debemos observar la importancia que tuvo esa parte del discurso con el desarrollo, tal vez de la bomba atómica, la mecánica cuántica, la relatividad, etc..., es decir el contexto en el que se escribió y por qué es importante preservarlo como objeto histórico. En sí, es un objeto sencillo, solamente un pizarrón y unos garabatos escritos con un gis. No necesita ser interactivo (de tipo físico) para poder ser admirado. Además la cédula que acompaña a esta exhibición en realidad solamente dice que es el pizarrón de Einstein y ni siquiera es elegante de ninguna manera, ni tiene rasgos especiales. Se trata pues de un objeto original, no es una copia de nada ni nadie.



“El Pizarrón de Einstein” exhibición del Museum of the History of Science of Oxford, Adriana Elisa Espinosa, 2011.



*“Cédula que acompaña al Pizarrón de Einstein” exhibición del Museum of the History of Science of Oxford, Adriana Elisa Espinosa, 2011.*

En conclusión, con esta reflexión quiero dejar claro que el objetivo por el cual un museo o centro de ciencia se crea, debe revisarse con cuidado. De nada servirá que se hagan miles de evaluaciones si al final se hará lo que el inversionista desea que se haga en el museo con fines diferentes a los de estudio, educativos o recreativos.

Un museo o centro de ciencia del futuro que logre permanecer en el tiempo, al menos contendrá los rasgos mínimos creativos que logren con eficacia mostrar piezas originales dentro de su espacio, interactivos diversos, no sólo creativos sino que también fomenten la creatividad entre los visitantes, exhibiciones innovadoras, temáticas nuevas, espacios de colaboración entre los

individuos, experiencias únicas que no se obtengan en ningún otro lugar, despertar emociones en torno al mundo científico en todas sus complejidades y fomentar el regreso a esta institución a la que si no tenemos cuidado, en un abrir y cerrar de ojos, se extinguirá.

outdoor exploratorium

experiments in noticing and understanding

something incredibly wonderful happens  
K. C. Cole

SUSTAIN • PIER 15  
PIER 15

The museum as exhibit

The world below the museum

BUILD • PIER 15

SCIENCE MUSEUM GUIDEBOOK

The making of a museum

A guide to the exhibitions

Deutsches Museum

CREATIVIDAD



Evaluación de la creatividad en productos de divulgación de la ciencia: un modelo para los museos y centros de ciencia. Adriana Elisa Espinosa.

*Algunos libros importantes*, Adriana Elisa Espinosa, 2013.

## Referencias

- Aguilera-Jiménez, Patricia. (2012). *Museos: Interacción para comprender las ciencias*. Revista Ciencia y Desarrollo. Vol. 38, Num. 260, julio-agosto, México. pp. 42-47.
- Alexander, Edward Porter. (1997). *The Museum in America: Innovators and Pioneers*. AltaMira Press, USA.
- Alexander, Edward Porter. (1996). *Museums in Motion. An Introduction to the History and Functions of Museums*. Altamira Press. ISBN: 0-7619-9155-7, USA.
- Aliseda, Atocha. (2006a). *Abductive Reasoning: Logical Investigations into Discovery and Explanation*. Synthese Library. Volume 330. Springer, ISBN-10 1-4020-3906-9.
- Aliseda, Atocha. (2006b). *Lógicas del descubrimiento científico*. (Manuscrito). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Aliseda, Atocha. (2004). *Sobre la lógica del descubrimiento científico de Karl Popper*. Suplemento 11 (Monográfico Popper) de la revista Signos Filosóficos, pp. 115-130. Universidad Autónoma Metropolitana, México.
- Belcher, Michael. (1991). *Exhibitions in Museums*. Leicester University Press, Great Britain.
- Boden, Margaret. (1994). *La mente creativa. Mitos y mecanismos*. Gedisa, Barcelona, España.
- Boden, Margaret. (1990). *Precis of "The Creative Mind: Myths and Mechanisms"*. London: Weidenfeld & Nicolson. (Expanded edn., London: Abacus, 1991).
- Bradburne, James M. (1998). *Dinosaurs and White Elephants: the Science Centre in the 21st Century*. Museum Management and Curatorship, Vol. 17, Issue 2.
- Camacho Arias, José. (2001). *La prodigiosa penicilina, Fleming*. Nivola libros y ediciones, S. L. Madrid, España.
- Candy, Linda & Bilda, Zafer. (2009). *Understanding and Evaluating Creativity*. Creativity and Cognition, UC Berkeley CA, ACM Press: New York. 1-22pp.
- Chalmers, Alan. (2001). *¿Qué es esa cosa llamada ciencia? Una valoración de la naturaleza y el estatuto de la ciencia y sus métodos*. 24ª. Edición. Siglo veintiuno editores, México.
- Chávez Reséndiz, Israel. (2008). *¿Cómo surge Universum?*. Tesis para la obtención del título de licenciado en historia. Facultad de Filosofía y Letras, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Cole, K. C. (2009). *Something Incredibly Wonderful Happens. Frank Oppenheimer and the World He Made Up*. Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, USA.
- Csikszentmihalyi, Mihaly. (1999). *Implications of a Systems Perspective for the Study of Creativity*, in R. J. Sternberg (ed.) *Handbook of Creativity*. New York, NY: Cambridge University Press. 313-335pp.
- Csikszentmihalyi, Mihaly. (1998). *Creatividad. El fluir y la psicología del descubrimiento y la invención*. Paidós, Barcelona, España.
- Díez, José A. & Lorenzano, Pablo. (2002). *La concepción estructuralista en el contexto de la filosofía de la ciencia del siglo XX*, en *Desarrollos actuales de la metateoría estructuralista: problemas y discusiones*. Buenos Aires, Argentina.
- Espinosa, Adriana Elisa; Hernández Carbajal, Luz Angélica; Aguilera-Jiménez, Patricia & Hernández Arellano, Yazmin. (2015). *Los museos de ciencias, objetos de estudio desde la perspectiva de la comunicación del conocimiento*. Libro de Memorias del Congreso Red Pop 2015: Arte, Tecnología y Ciencia, nuevas maneras de conocer. Sección de Pósteres: Museos y Exposiciones. Corporación Parque Explora. Medellín, Colombia. Del 25 al 29 de Mayo. 1873-1880pp. ISSN: 2462-7755.
- Espinosa, Adriana Elisa. (2015). *Rasgos creativos del modelo Exploratorium que han influenciado a diversos museos y centros de ciencia*. Libro de Memorias del Congreso Red Pop 2015: Arte, Tecnología y Ciencia, nuevas maneras de conocer. Sección de Pósteres: Museos y Exposiciones. Corporación Parque Explora. Medellín, Colombia. Del 25 al 29 de Mayo. 1881-1888pp. ISSN: 2462-7755.
- Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2012). *Sentando las bases para la evaluación de la creatividad en productos de divulgación de la ciencia*. En Soberón Chávez, Gloria (coordinadora). *Memoria del Segundo Congreso de Alumnos de Posgrado*. Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Estudios de Posgrado, México. 299p. ISBN 978-607-02-3355-5.
- Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2009). *Modelo de creatividad aplicado a la metáfora "El efecto mariposa". Un acercamiento a la explicación de la socialización de nuevas ideas en la ciencia*. Tesis para la obtención del grado de maestra en filosofía de la ciencia. Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Investigaciones Filosóficas, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.

- Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2004). *El caos y la caracterización de series de tiempo a través de técnicas de la dinámica no-lineal*. Tesis para la obtención de la licenciatura en Ingeniería en Computación. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Aragón, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Espinosa Velasco, Guillermo. (1998). *Heurística. Técnicas de Investigación en Sociedad, Cultura y Comunicación*. Jesús Galindo Cáceres (Coordinador). Pearson, Addison Wesley, México.
- Farmelo, Graham. (1997). "From Big Bang to Damp Squib." In Ralph Levinson & Jeff Thomas (Eds.). *Science Today: Problem or crisis?* London: Routledge, 92-100pp.
- Furnweger, Karen. (2012). *Shedd Aquarium*. Beckon Books. Canada.
- Gallegos Riera, Pablo. (2006). *De paseo por los museos de ciencia de Barcelona. Un itinerario de cuatro siglos*. Public Communication of Science and Technology Academy. Universitat Pompeu Fabra, Barcelona, España.
- García-Colín Scherer, Leopoldo. (1987). *Y sin embargo se mueven... Teoría cinética de la materia*. Fondo de cultura económica, S. A. de C. V. Col. La ciencia desde México, No. 36, México.
- Gómez Alonso, Rafael. (2003). *El museo: espacio creativo*. Icono 14, No. 2. Madrid, España.
- Goodchild, Peter. (1980). *J. Robert Oppenheimer: Shatterer of Worlds*. Published by the British Broadcasting Corporation, London.
- Gutwill, Joshua P. & Allen, Sue. (2010). *Group Inquiry at Science Museum Exhibits. Getting Visitors to Ask Juicy Questions*. Left Coast Press, Inc. Exploratorium museum professional series. USA.
- Harless, Joe. (1970). *An Ounce of Analysis (Is Worth a Pound of Objectives)*. McLean, VA: Guild Publications.
- Harré, Rom; Clarke, David & De Carlo, Nicola. (1989). *Motivos y mecanismos. Introducción a la psicología de la acción*. Ediciones Paidós Ibérica, S. A. Barcelona, España.
- Hernández Carbajal, Luz Angélica. (2014). *La experiencia interactiva en los museos de ciencias como apoyo en el aprendizaje. Un estudio teórico y empírico*. Tesis para la obtención del grado de doctor en filosofía de la ciencia. Facultad de Filosofía y Letras, Instituto de Investigaciones Filosóficas, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Hoyer, R. W. & Hoyer, Brooke B.Y. (2001). *What Is Quality? Learn how each of eight well-known gurus answers this question*. Quality Progress Magazine. Julio, 52-62pp.

- Janson-Smith, Deirdre. (2011). *Guía de recuerdo del maravilloso mundo de la naturaleza*. Natural History Museum, Londres.
- Kim, Kyung Hee. (2006). *Can We Trust Creativity Tests. A Review of the Torrance Tests of Creative Thinking (TTCT)*. Creativity Research Journal, Vol. 18, Num. 1, 3-14pp.
- Koster, Emlyn H. (1999). *En busca de relevancia: Los centros de ciencia como innovadores en la evolución de los museos*. Dædalous. American Academy of Arts and Science. USA. Vol. 128, Num. 2.
- López Beltrán, Carlos. (1983). *La creatividad en la divulgación de la ciencia: La recreación del mensaje científico*. Naturaleza, Vol. 14, Núm. 5, 291-297pp.
- Lord, Barry & Dexter Lord, Gail. (2001). *The Manual of Museum Exhibitions*. Altamira Press. USA.
- Lord, Barry & Piacente, Maria. (2014). *Manual of Museum Exhibitions*. 2<sup>nd</sup> Edition. Rowman & Littlefield. USA.
- MacGregor, Arthur. (2001). *The Ashmolean Museum: A brief history of the Institution and its collections*. Ashmolean Museum Oxford in association with Jonathan Horne Publications London.
- Martínez, Eduardo & Flores, Jorge (coompiladores). (1997). *La popularización de la ciencia y la tecnología: Reflexiones básicas*. Fondo de Cultura Económica. México.
- McLean, Kathleen & McEver, Catherine. (2004). *Are We There Yet: Conversations about Best Practices in Science Exhibition Development*. Exploratorium museum professional series. USA.
- Morris, Peter J. T. (2010). *Science for the Nation. Perspectives on the History of the Science Museum*. Palgrave Macmillan Publisher, UK.
- Oppenheimer, Frank. (1984). *The Practical and Sentimental Fruits of Science*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Fifteenth Anniversary Awards Dinner Speech, November).
- Oppenheimer, Frank. (1982a). *Exploration and Discovery*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Acceptance speech for the AAM Distinguished Service Award, June 21).
- Oppenheimer, Frank. (1982b). *Jargon: Second Cousin Twice Removed*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Reprinted from The Exploratorium Magazine, Volume 6, Issue 1, April/May).
- Oppenheimer, Frank. (1981). *Museums, Teaching and Learning*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Paper Prepared for the AAAS Meeting, Toronto).

- Oppenheimer, Frank. (1980a). *Adult Play*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Reprinted from February/March issue of The Exploratorium).
- Oppenheimer, Frank. (1980b). *Exhibit Conception And Design*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Reprinted from the Meeting of International Commission on Science Museums, Monterrey, Mexico).
- Oppenheimer, Frank. (1979). *Aesthetics and the Right Answer*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Reprinted from The Humanist, March/April).
- Oppenheimer, Frank. (1977). *The Arts: A Decent Respect for Taste*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Reprinted from The National Elementary Principal, Vol. 57, No. 1, October).
- Oppenheimer, Frank. (1976a). *Growing Up In The Arts*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Reprinted from The National Elementary Principal, Vol. 56, Number 1, Sept/Oct).
- Oppenheimer, Frank. (1976b). *Everyone Is You... Or Me*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Reprinted from Technology Review Volume 78, Number 7, June. Copyright 1976, Alumni Association of the Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139).
- Oppenheimer, Frank. (1972). *The Exploratorium: A Playful Museum Combines Perception and Art in Science Education*. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Reprinted from American Journal of Physics, Vol. 40/7, July).
- Oppenheimer, Frank. (1968). *Rationale For A Science Museum*. Department of Physics, University of Colorado. Exploratorium, San Francisco, California, USA. (Reprinted from CURATOR, November).
- Oppenheimer, Frank. (1960). *Living a Fruitful Life*. Speech to the Graduating Class of Pagosa Springs High School. Exploratorium, San Francisco, California, USA.
- Oppenheimer, Frank. (1957). *Teaching and Learning*. Address to PTA, Pagosa Springs High School. Exploratorium, San Francisco, California, USA.
- Pascale, P. (2005). *¿Dónde está la creatividad? Una aproximación al modelo de sistemas de Mihaly Csikszentmihalyi*. Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid. Arte, Individuo y Sociedad, Vol. 17, 61-84pp.
- Pease, A.; Winterstein, D.; & Colton, S. (2001). *Evaluating Machine Creativity*. Paper presented at the First Workshop on Creative Systems, International Conference of CaseBased Reasoning (ICCBR-01), Vancouver, British Columbia, Canada, 30 July–2 August.

- Pedretti, Erminia. (2002). *T. Kuhn Meets T. Rex: Critical Conversations and New Directions in Science Centres and Science Museums*. Studies in Science Education, Vol. 37, 1-42pp.
- Peirce, Charles S. (1966). *The Charles S. Peirce Papers*. Edición en microfilm, Harvard University library, Photographic Service, Cambridge.
- Pérez Ransanz, Ana Rosa. (1999). *Kuhn y el cambio científico*. Fondo de Cultura Económica, México.
- Poincaré, Henri. (1963). *Ciencia y Método*. Editorial Espasa-Calpe, S.A. Colección Austral. Madrid, España.
- Popper, Karl R. (1991). *La lógica de la investigación científica*. Editorial Tecnos, S. A., México.
- Popper, Karl R. (1972). *La ciencia: conjeturas y refutaciones, en Conjeturas y Refutaciones. El desarrollo del conocimiento científico*. Paidós, Barcelona, España.
- Remer, T. G. (1965). *Serendipity and the Three Princes, from the Peregrinaggio of 1557*. University of Oklahoma Press, Norman, OK, USA.
- Ritchie, G. 2001. *Assessing Creativity*. In Proceedings of the AISB 2001 Symposium on Artificial Intelligence and Creativity in Arts and Science, ed. G. Wiggins, 3-11pp. Falmer, Brighton, UK: Society for the Study of Artificial Intelligence and Simulation of Behaviour.
- Rothbart, Daniel. (2004). *Modeling: Gateway to the Unknown, a Work by Rom Harré*. Studies in Multidisciplinary, Volume 1, Elsevier, USA.
- Russel, Stuart J. & Norving, Peter. (1996). *Inteligencia artificial: un enfoque moderno*. Prentice Hall Hispanoamericana, S. A. México.
- Sánchez, María Paloma & Castrillo, Rocío (traductoras). (2005). *Manual de Oslo: Directrices para la recogida e interpretación de información relativa a la innovación*. OECD y Eurostat. 3ª edición. Edita: Comunidad de Madrid, Consejería de Educación y Dirección General de Universidades e Investigación. Madrid, España.
- Sánchez Mora, Ana María. (2000). *La divulgación de la ciencia como literatura*. Colección: Divulgación para divulgadores. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México. México.
- Sánchez Mora, María del Carmen. (2011). *Estudio de patrones de lectura de textos en museos: una contribución a la evaluación formativa de las cédulas*. Códice: Boletín científico y cultural del museo universitario. Universidad de Antioquia. ISSN 1692-3766. Año 12, No. 27, Diciembre. Medellín, Colombia. 80-90pp.

- Sánchez Mora, María del Carmen. (2006). *La exposición museográfica como apoyo a la enseñanza de la mecánica cuántica*. Revista Mexicana de Investigación Educativa, COMIE. ISSN 1405-6666. Julio-Septiembre, Vol. 11, Núm. 30. México, Distrito Federal. 913-942pp.
- Sánchez Mora, María del Carmen. (2004). *Los museos de ciencia, promotores de la cultura científica*. Elementos: ciencia y cultura. Vol. 11, Num. 053. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla, México. 35-43pp.
- Saunders, Rob & Gero, John S. (2002). *How to Study Artificial Creativity*. Proceedings of the 4<sup>th</sup> conference on creativity and cognition, Loughborough, Leic, United Kingdom. 80-87pp.
- Saunders, Rob. (2001). *Curious Design Agents and Artificial Creativity*. Ph.D. Thesis. Faculty of Architecture. The University of Sydney.
- Sawyer, Robert Keith. (2012). *Explaining Creativity: The Science of Human Innovation*. Second Edition. Oxford University Press. New York, USA.
- Schiele, Bernard; Amyot, Michel & Benoit, Claude. (1994). *Introduction*, en Bernard Schiele (comp.), *When Science becomes Culture*, University of Ottawa Press, Ottawa, Canada. 1-11pp.
- Schiele, Bernard; Perraton, Charles & Boucher, Louise. (1991). *Ciel, Une Expo! Approche de l'exposition scientifique*. París: Expo Média.
- Screven, Chandler G. (1993). *Museums and informal education*. Center for Museum Studies Bulletin. Washington, USA. Vol. 1, No. 1, 171-179pp.
- Screven, Chandler G. (1992). *Motivating Visitors to Read Labels*. ILVS Review: A Journal of Visitor Behavior. 2(2), 183-211pp.
- Screven, Chandler G. (1990). *Uses of Evaluation Before, During, and After Exhibit Design*. ILVS Review: A Journal of Visitor Behavior. 1(2), 36-66pp.
- Serrell, Beverly. (1996). *Exhibit Labels, an interpretative approach*. Washington D.C.: Altamira Press.
- Soberón Chávez, Gloria (coordinadora). (2012). *Memoria del Segundo Congreso de Alumnos de Posgrado*. Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Estudios de Posgrado, México. ISBN 978-607-02-3355-5.
- Sternberg, Robert J. (2006). *The Nature of Creativity*. Creativity Research Journal, Vol. 18, Num. 1, 87-98pp.
- Sternberg, Robert. J. & Lubart, T. I. (1997). *La creatividad en una cultura conformista*. Barcelona: Ediciones Paidós, España.
- Tagüeña, Julia. (2005). *Los museos latinoamericanos de ciencia y la equidad*. História, Ciências, Saúde-Manguinhos, v. 12 (suplemento), Río de Janeiro. 419-427pp.

Van Andel, Pek. (1994). *Anatomy of the Unsought Finding. Serendipity: Origin, History, Domains, Traditions, Appearances, Patterns and Programmability*. The British Journal for the Philosophy of Science, Vol. 45, No. 2, 631-648pp., UK.

Zana, Brigitte. (2005). *History of the Museums, the Mediators and Scientific Education*. Journal of Science Communication, SISSA (International School for Advanced Studies). ISSN 1824-2049, Vol. 4, Num. 4.

### Fuentes Electrónicas

Castellanos Pineda, Patricia. (2006). *Los museos de ciencias y las TIC: estrategias para contribuir con el conocimiento científico*. III Congreso Online-Observatorio para la CiberSociedad. Sitio Web: <http://www.cibersociedad.net/congres2006/gts/comunicacio.php?id=561>

ICOM. (2010). *Conceptos claves de museología*. París. Disponible en Internet : [http://icom.museum/fileadmin/user\\_upload/pdf/Key\\_Concepts\\_of\\_Museology/Museologie\\_Espagnol\\_BD.pdf](http://icom.museum/fileadmin/user_upload/pdf/Key_Concepts_of_Museology/Museologie_Espagnol_BD.pdf)

### Bibliografía consultada

Santacana Mestre, Joan & Martín Piñol, Carolina. (Coords.) (2010). *Manual de museografía interactiva*. Ediciones Trea. Asturias, España.

### Documentales

Apostol, Jenny (Executive producer). (2004). *Riddles of the Dead: Einstein's Genius*. NGC Network International, LLC.

Cadbury, Deborah (Executive producer). (2007). *Nuclear secrets. Superbomb*. A BBC/National Geographic Channel-US NDR Norddeutscher Rundfunk Co-production.

Cadbury, Deborah (Executive producer). (2007). *Nuclear secrets. Superspy*. A BBC/National Geographic Channel-US NDR Norddeutscher Rundfunk Co-production.

Else, Jon. (1982) *Palace of Delights*. NOVA productions. Includes video clips of Exploratorium founder Dr. Frank Oppenheimer discussing his vision for the museum and his ideas about science education, the NOVA presentation Palace of Delights by Jon Else, the Academy Award-nominated Exploratorium by Jon Boorstin, and a webcast featuring Oppenheimer biographer K. C. Cole.

Gibbon, Johana & Laverty, Aidan (Directors and producers). (2005). *Einstein's Equation of Life and Death*. A BBC/Science Channel Co-production.



*Einstein y Darwin en la recepción del CosmoCaixa*, Adriana Elisa Espinosa, 2011.

## Anexo 1

### Preguntas del recorrido museístico que se respondieron durante la investigación de esta tesis.

Nombre del Museo	¿El nombre del museo se relaciona con algún tema científico?
	¿El nombre del museo tiene la palabra ciencia?
	¿El nombre del museo representa al museo?
	¿El nombre del museo es llamativo?

Ubicación del Museo	¿El museo se encuentra en un lugar turístico?
	¿El museo cuenta con un mapa de ubicación?
	¿El museo se encuentra dentro de la ciudad?
	¿Se puede llegar en transporte público al museo?
	¿El horario del museo se coordina con el transporte público, sobre todo a la hora de su cierre?
	¿El museo se encuentra integrado a la ciudad?
	¿El museo cuenta con publicidad?
	¿Hay publicidad del museo en la ciudad de su ubicación?
	¿Hay publicidad internacional de este museo?

Accesibilidad del Museo	¿La entrada del museo es amplia para evitar aglomeraciones?
	¿Hay accesos para personas con capacidades diferentes?
	¿Hay elevadores?
	¿Hay escaleras eléctricas?
	¿Hay mapas del interior del museo?
	¿Hay una adecuada señalización para acceder al museo?
	¿La circulación de las personas al interior del museo es buena?
	¿La circulación de las personas al interior del museo es complicada?
	¿Hay suficientes baños en el museo?
	¿El museo abre todos los días del año?
	¿El museo abre a partir de las 10am?
	¿El museo abre a partir de las 11am?
	¿El museo tiene horarios nocturnos?

	¿La entrada al museo es gratis?
	¿La entrada al museo cuesta entre 1 y 5 dólares?
	¿La entrada al museo cuesta entre 6 y 10 dólares?
	¿La entrada al museo cuesta más de 10 dólares?
	¿El museo cuenta con posibilidad de obtener una membresía?
	¿El museo cuenta con una superficie de 1 a 1,000 m <sup>2</sup> ?
	¿El museo cuenta con una superficie de 1,001 a 5,000 m <sup>2</sup> ?
	¿El museo cuenta con una superficie de 5,001 a 10,000 m <sup>2</sup> ?
	¿El museo cuenta con una superficie de más de 10,000 m <sup>2</sup> ?
	¿El museo cuenta con un piso?
	¿El museo cuenta con 2 pisos?
	¿El museo cuenta con 3 pisos?
	¿El museo cuenta con 4 pisos?
	¿El museo cuenta con 5 pisos?
	¿El museo cuenta con más de 5 pisos?
	¿El espacio del museo está dividido por áreas cerradas?
	¿El espacio del museo está dividido por secciones?
	¿El espacio del museo tiene áreas abiertas?
	¿Existen varios ambientes dentro de un área del museo?
	¿Hay pocos lugares de descanso?
¿Hay suficientes lugares de descanso?	
¿Hay muchos lugares de descanso?	

Estacionamiento del Museo	¿El museo tiene estacionamiento propio?
	¿El precio del estacionamiento es alto en comparación con la entrada del museo?
	¿El museo cobra el estacionamiento por horas?
	¿El museo cobra el estacionamiento como tarifa única?
	¿Hay descuentos para el estacionamiento?
	¿Hay suficientes lugares de estacionamiento en proporción con el tamaño del museo?

Objetivo del Museo	¿El objetivo de crear el museo fue para divulgar los conocimientos científicos?
	¿El museo está dirigido a niños?
	¿El diseñador del museo tenía un objetivo claro sobre la construcción del museo?
	¿El museo está dirigido a estudiantes?
	¿El objetivo de crear el museo fue para enseñar ciencia?
	¿El museo está dirigido a jóvenes de bachillerato?
	¿El objetivo de crear el museo fue para crear vocaciones científicas?
	¿El museo está dirigido a público en general?
	¿El objetivo de crear el museo fue para mostrar el poder científico de esa región?
	¿El objetivo principal del museo es otorgar inclusión?
	¿El objetivo principal del museo es que los visitantes regresen al museo?
	¿El objetivo principal del museo es otorgar un ambiente de aprendizaje informal?
	¿El objetivo principal del museo es otorgar un ambiente cálido?
	¿El objetivo principal del museo es otorgar un ambiente de diversión?
¿El objetivo principal del museo es que los visitantes hagan su propio recorrido personal?	
¿El objetivo principal del museo es otorgar atención al público?	

Visitantes del Museo	¿Los visitantes son niños?
	¿Los visitantes vienen en grupos?
	¿Los visitantes son estudiantes?
	¿Los visitantes son jóvenes?
	¿Los visitantes llegan en grupos escolares?
	¿Los visitantes son profesores?
	¿Los visitantes son adultos?
	¿Los visitantes son adultos mayores?
	¿El número de visitantes al año va de entre 1 y 1 millón de personas?
	¿El número de visitantes al año va de 1,000,001 y 3 millones de personas?

	¿El número de visitantes al año va de 3,000,001 y 5 millones de personas?
	¿El número de visitantes al año rebasa los 5 millones de personas?
	¿Los visitantes son turistas?
	¿Los visitantes son lugareños?
	¿Los visitantes son familias?
	¿Los visitantes vienen solos?

Creador del Museo	¿El diseñador del museo creó el museo para servir como medio de información informal?
	¿Al diseñador del museo le preocupaba que los visitantes aprendieran conceptos científicos?
	¿El diseñador del museo creó también otros espacios aparte del propio museo?
	¿El diseñador del museo se involucraba en la creación de nuevas exhibiciones?
	¿El diseñador del museo se preocupó por hacer accesibles las exhibiciones?
	¿El creador del museo se basó en otros museos para crear su propio museo?
	¿El diseñador del museo quería que aprendieran con las exhibiciones?
	¿El diseñador del museo quería que se divirtieran con las exhibiciones?

Historia del Museo	¿El museo ha estado abierto hace más de 40 años?
	¿El museo ha estado abierto desde hace 40 años?
	¿El museo ha estado abierto desde hace 30 años?
	¿El museo ha estado abierto desde hace 20 años?
	¿El museo ha estado abierto desde hace 10 años?
	¿El museo se financió con fondos privados?
	¿El museo se financió con fondos públicos?
	¿El museo se financió con fondos tanto privados como públicos?
	¿El museo cuenta con un edificio especialmente construido para éste?
	¿En toda la vida del edificio ha sido solamente para alojar al museo?
	¿El edificio del museo contó con un arquitecto o firma de arquitectos específicos?

	¿El arquitecto del edificio del museo es de nacionalidad inglesa?
	¿El arquitecto del edificio es de nacionalidad mexicana?
	¿El arquitecto del edificio es de nacionalidad americana?
	¿El arquitecto del edificio es de nacionalidad francesa?
	¿El arquitecto del edificio es de nacionalidad alemana?

Transformaciones que ha tenido el Museo	¿Los nuevos directores siguen la idea original del museo?
	¿Los nuevos directores han construido nuevas salas dentro del museo?
	¿Se han construido nuevas salas?
	¿Se ha remodelado el edificio del museo?
	¿Se ha ampliado el museo?
	¿Se ha remodelado el museo?
	¿Las nuevas salas han reemplazado a las originales?
	¿Los nuevos directores han cambiado las salas originales del museo?
¿Los nuevos directores se han preocupado más por obtener recursos económicos que porque los visitantes se emocionen con la ciencia y la aprendan?	

Temáticas del Museo	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la energía?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del calor y la temperatura?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del sonido y el oído?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la electricidad y el magnetismo?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de las matemáticas y los patrones?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del agua?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la visión y la percepción?

	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la mecánica, la dinámica y el movimiento?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de las ondas y la resonancia?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la luz?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la química?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la astronomía y el sistema solar?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la geología y los materiales?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del clima?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del color?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la ingeniería y la estructura?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la biología?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del olfato, el gusto y el tacto?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la mente?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema del lenguaje y el habla?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la navegación?
	¿Hay exhibiciones dedicadas al tema de la anatomía humana?

Página WEB del Museo	¿El museo cuenta con página WEB?
	¿Entre los idiomas de la página WEB del museo se encuentran el inglés?
	¿Entre los idiomas de la página WEB del museo se encuentran el español?
	¿Entre los idiomas de la página WEB del museo se encuentran el alemán?
	¿Entre los idiomas de la página WEB del museo se encuentran el francés?
	¿Entre los idiomas de la página WEB del museo se encuentra otro aparte del inglés, español, alemán y francés?
	¿Es fácil navegar por la página WEB del museo?
	¿La computadora necesita muchos recursos para cargar la página WEB?
	¿La página WEB contiene la descripción de cada una de las áreas del museo?

Servicios con los que cuenta el Museo	¿El museo cuenta con tienda?
	¿El museo cuenta con cafetería?
	¿El museo cuenta con restaurante?
	¿Los espacios del museo se rentan para eventos sociales?
	¿Los espacios del museo se rentan para congresos?
	¿Los espacios del museo se rentan para fiestas de cumpleaños?
	¿Los espacios del museo se rentan para fiestas de negocios?
	¿El museo cuenta con lockers?
	¿El museo cuenta con talleres?
	¿El museo cuenta con biblioteca?
	¿El museo cuenta con salas de conferencias?
	¿El museo cuenta con pantalla IMAX?
	¿El museo cuenta con cine para proyectar películas comerciales?
	¿El museo cuenta con centro de investigación científico?
	¿El museo cuenta con un centro de investigación pedagógico?
	¿El museo cuenta con atención a personas discapacitadas?
	¿El museo cuenta con audioguías?
	¿El museo cuenta con planetario?
¿El museo cuenta con áreas de animales vivos?	
¿El museo cuenta con área de acuarios?	

Exhibiciones del Museo	¿El museo cuenta con entre 1 y 500 exhibiciones?
	¿El museo cuenta con entre 501 y 1000 exhibiciones?
	¿El museo cuenta con entre 1001 y 5000 exhibiciones?
	¿El museo cuenta con más de 5000 exhibiciones?
	¿Hay un orden lógico en la colocación de exhibiciones?
	¿Las exhibiciones están puestas al azar?
	¿Las exhibiciones están colocadas por temas?
	¿El visitante puede crear su propio recorrido a través de las exhibiciones?

¿La organización de las exhibiciones invita al visitante a explorar más temas por su propia cuenta?
¿Las exhibiciones son demostrativas, talleres con demostrador/visitante?
¿Hay exhibiciones de tipo modelos o maquetas?
¿Hay exhibiciones de tipo diorama?
¿Hay exhibiciones de tipo juego interactivo?
¿Hay exhibiciones de tipo mamparas con texto?
¿Hay exhibiciones de tipo vitrina?
¿Hay exhibiciones de tipo seres robóticos?
¿Hay exhibiciones de tipo contemplativas?
¿Hay exhibiciones de tipo animales disecados?
¿Hay exhibiciones de tipo videos?
¿Cuando una exhibición cuenta con video no puedes verlo ni escucharlo?
¿Cuando una exhibición cuenta con video puedes verlo y escucharlo bien?
¿Cuando una exhibición cuenta con video puedes verlo y escucharlo perfecto?
¿Hay exhibiciones de sonido solamente?
¿Cuando una exhibición contiene sonido no se escucha nada?
¿Cuando una exhibición contiene sonido se escucha bien?
¿Cuando una exhibición contiene sonido se escucha perfecto?
¿Los visitantes tienen que esperar hasta que se termine la presentación de la exhibición (video/audio) para poder pasar a otra exhibición?
¿Las exhibiciones provocan placer/alegría en el visitante?
¿Es divertido estar frente a una exhibición?
¿La exhibición es entretenida?
¿La exhibición hace que te quedes como en un estado de flujo, es decir, la disfrutas hasta el final?
¿Hay expresiones "oh wow" al estar frente a las exhibiciones?
¿Cuando estás frente a una exhibición piensas "y eso qué"?
¿La exhibición se parece a la de algo sacado de la ciencia ficción?
¿La exhibición luce futurista?

¿La <b>exhibición</b> parece antigua?
¿La <b>exhibición</b> parece un juego?
¿La <b>exhibición</b> se parece a la de un parque temático?
¿La <b>exhibición</b> tiene valor estético?
¿La <b>exhibición</b> es artística?
¿Hay diferentes tipos de <b>exhibiciones</b> que se adecuen a varios tipos de visitantes?
¿Hay <b>exhibiciones</b> para niños?
¿Hay <b>exhibiciones</b> para jóvenes?
¿Hay <b>exhibiciones</b> para adultos?
¿Hay <b>exhibiciones</b> para adultos mayores?
¿Las <b>exhibiciones</b> son adecuadas para personas discapacitadas?
¿Las <b>exhibiciones</b> están adecuadas para ciegos?
¿Las <b>exhibiciones</b> están adecuadas para sordos?
¿Las <b>exhibiciones</b> están adecuadas para personas de lento aprendizaje acompañados de un adulto responsable?
¿Los visitantes pasan 0 a 59 segundos en las <b>exhibiciones</b> ?
¿Los visitantes pasan de 1 a 4:59 minutos en las <b>exhibiciones</b> ?
¿Los visitantes pasan de 5 a 9:59 minutos en las <b>exhibiciones</b> ?
¿Los visitantes pasan más de 10 minutos en las <b>exhibiciones</b> ?
¿La <b>exhibición</b> provoca una interacción visual?
¿Hay interacción con los demás visitantes de las <b>exhibiciones</b> ?
¿La <b>exhibición</b> provoca una interacción física?
¿La <b>exhibición</b> provoca una interacción mental?
¿Se <b>repite</b> el tipo de interactividad en el resto de las <b>exhibiciones</b> ?
¿La <b>exhibición</b> contiene sonido?
¿La <b>exhibición</b> contiene video?
¿La <b>exhibición</b> se asocia con un demostrador?
¿La <b>exhibición</b> contiene gráficos?
¿La <b>exhibición</b> contiene elementos familiares para el visitante?
¿Los colores de la <b>exhibición</b> son placenteros?
¿Los colores de la <b>exhibición</b> son claros y relajados?

¿Los colores de la <b>exhibición</b> son chillantes?
¿Se <b>repite</b> el concepto (mismo diseño, color, material, tipo de interactividad) de las exhibiciones?
¿El diseño de la <b>exhibición</b> es monótona por presentarse así muchas veces?
¿El diseño de la <b>exhibición</b> causa <b>sorpresa</b> ?
¿El diseño de la <b>exhibición</b> es demasiado alocada?
¿Se repite el diseño en el resto de las <b>exhibiciones</b> ?
¿Las <b>exhibiciones</b> se perciben como <b>todas iguales</b> ?
¿Las <b>exhibiciones</b> generan poco interés en los visitantes?
¿Las <b>exhibiciones</b> generan interés en los visitantes?
¿Las <b>exhibiciones</b> generan un gran interés en los visitantes?
¿La atención de la <b>exhibición</b> se ve afectada por la distracción de otras exhibiciones u otros motivos?
¿El visitante puede ver cómo se construyen las <b>exhibiciones</b> ?
¿El visitante puede aconsejar a los constructores de las <b>exhibiciones</b> para mejorarlas?
¿El visitante puede aportar ideas para nuevas <b>exhibiciones</b> ?
¿La <b>exhibición</b> está totalmente acabada?
¿El visitante se puede convertir en parte de la <b>exhibición</b> ?
¿Hay <b>exhibiciones</b> que sólo se encuentran en este museo?
¿Las <b>exhibiciones</b> son novedosas?
¿Las <b>exhibiciones</b> enseñan algo nuevo a los visitantes?
¿Hay alguna <b>exhibición</b> emblemática del museo?
¿Las <b>exhibiciones</b> son totalmente fáciles de entender?
¿Las <b>exhibiciones</b> tienen un 10% de dificultad para entenderlas?
¿Las <b>exhibiciones</b> tienen un 20% de dificultad para entenderlas?
¿Las <b>exhibiciones</b> tienen un 30% de dificultad para entenderlas?
¿Las <b>exhibiciones</b> tienen un 40% de dificultad para entenderlas?
¿Las <b>exhibiciones</b> tienen un 50% de dificultad para entenderlas?

¿Las exhibiciones tienen un 60% de dificultad para entenderlas?
¿Las exhibiciones tienen un 70% de dificultad para entenderlas?
¿Las exhibiciones tienen un 80% de dificultad para entenderlas?
¿Las exhibiciones tienen un 90% de dificultad para entenderlas?
¿Las exhibiciones son totalmente difíciles de entender?
¿La exhibición es tan complicada que no se entiende?
¿La exhibición es tan complicada que es confusa?
¿Las exhibiciones son tan complicadas que el visitante piensa que es un analfabeto en la materia?
¿Se puede entender la exhibición fácilmente?
¿Para que la exhibición se entienda utiliza cosas familiares o cotidianas a los visitantes?
¿Las exhibiciones son tan fáciles que hacen que el visitante se sienta como un tonto frente a ellas u otros visitantes?
¿Si un concepto científico es difícil de explicar la exhibición logra explicarlo de una forma más fácil?
¿Se transmite con facilidad el concepto científico a través de la exhibición?
¿El mensaje de la exhibición llega rápido a los visitantes?
¿Las exhibiciones facilitan el entendimiento del fenómeno en cuestión?
¿Se necesita conocer el tema para entender la exhibición?
¿La explicación del fenómeno científico está mejor presentada en la exhibición que en los libros o el salón de clases?
¿La exhibición está hecha para enseñar el concepto científico pero sin que el visitante sepa que está aprendiendo?
¿El diseñador de la exhibición fue hábil para representar bien el concepto científico a mostrar?
¿Las exhibiciones hacen que el fenómeno a explicar cobre vida?

¿Después de visitar las exhibiciones el visitante querría saber más del concepto científico por el que fue creado?
¿Después de visitar el museo el visitante querría saber más de ciencia en general?
¿Al visitar el museo cambia en el visitante el concepto de que la ciencia es aburrida?
¿La exhibición facilita el aprendizaje del fenómeno en un rango de 0 a 30%?
¿La exhibición facilita el aprendizaje del fenómeno en un rango de 31 a 60%?
¿La exhibición facilita el aprendizaje del fenómeno en un rango de 61 a 90%?
¿La exhibición te facilita el aprendizaje del fenómeno en un rango de 91 a 100%?
¿Las exhibiciones permiten que un visitante las explore y compruebe si él/ella estuvo bien o mal?
¿Las exhibiciones invitan a explorarla toda para saber de qué se trata?
¿Las exhibiciones hacen que el visitante sea un elemento activo?
¿Al estar frente a las exhibiciones se percibe un ambiente en el cual un visitante le explica a otro?
¿El visitante se esfuerza por entender el objetivo de las exhibiciones y por lo mismo se queda ahí hasta satisfacer su necesidad de explorarla toda?
¿Las exhibiciones cuentan con poder de atracción para que los visitantes se queden ahí?
¿Las exhibiciones son memorables?
¿Hay algo que llame la atención de los visitantes en las exhibiciones para que éstos las noten?
¿Las exhibiciones de este museo son originales?
¿Las exhibiciones crean sorpresa en los resultados?

Cédulas	¿La exhibición contiene cédula?
	¿La exhibición contiene la cédula en braille también?
	¿La exhibición contiene la cédula en otro idioma aparte del nativo?
	¿Las cédulas ayudan a la comprensión de la exhibición?

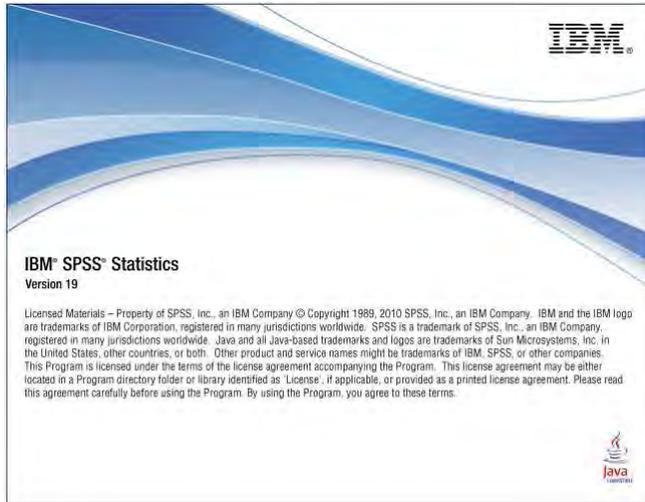
	¿Un visitante tiene que leer toda la <b>cédula</b> antes de comprender de qué se trata la <b>exhibición</b> ?
	¿La información de la <b>exhibición</b> se presenta de forma clara?
	¿Las <b>cédulas</b> tienen un lenguaje comprensible?
	¿La <b>cédula</b> tiene ejemplos?
	¿La <b>cédula</b> viene acompañada de gráficos?
	¿La <b>cédula</b> es de tipo informativa?
	¿La <b>cédula</b> es de tipo instrucciones?
	¿La <b>cédula</b> es de tipo nombre y autor de la <b>exhibición</b> u obra expuesta?
	¿La <b>cédula</b> es de tipo pregunta y lo que hay que notar?
	¿La <b>cédula</b> es de tipo explicativa?
	¿La <b>cédula</b> es de tipo pregunta nada más?
	¿El diseño de las <b>cédulas</b> es el adecuado?
	¿El diseño de las <b>cédulas</b> las hacen llamativas?
	¿El tamaño de la letra de las <b>cédulas</b> es el adecuado?
	¿El tamaño de las <b>cédulas</b> es el adecuado?
	¿Las <b>cédulas</b> se leen con facilidad?

	¿El museo cuenta con <b>personajes ficticios</b> que actúan frente a las <b>exhibiciones</b> ?
	¿El museo cuenta con <b>demostradores científicos</b> ?
	¿Hay programas de <b>voluntarios</b> ?

Personal del museo	¿El museo cuenta con <b>explicadores</b> ?
	¿El museo cuenta con <b>explicadores</b> que llevan su propio carrito de experimentos?
	¿El museo cuenta con <b>guías</b> ?
	¿Un <b>guía</b> acompaña al visitante durante el recorrido del museo?
	¿Un <b>guía</b> solamente participa cuando un visitante lo requiere?
	¿Los <b>guías</b> del museo son mediadores pedagógicos fuertes?
	¿Un <b>guía</b> es más un explicador que un informador?
	¿Dentro del <b>staff</b> del museo hay divulgadores de la ciencia?
	¿Dentro del <b>staff</b> del museo hay científicos?
	¿Dentro del <b>staff</b> del museo se encuentran artistas?
	¿Dentro del <b>staff</b> del museo hay profesores?
	¿Dentro del <b>staff</b> del museo hay diseñadores?
	¿Dentro del <b>staff</b> del museo hay estudiantes?

## Anexo 2

### Análisis matemáticos de datos con SPSS



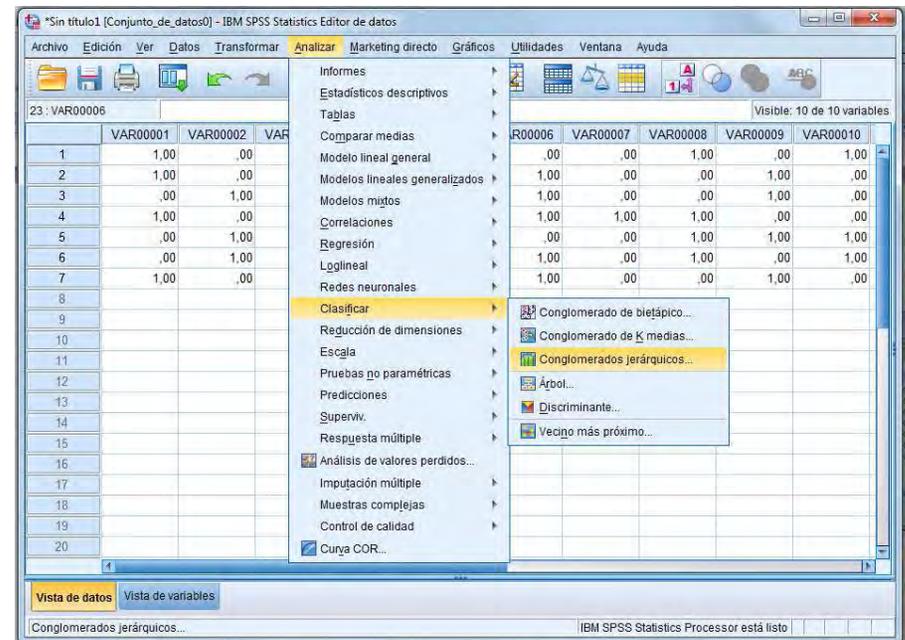
1.-Al abrir el programa se debe seleccionar el archivo donde previamente se guardaron los datos de la tabla de ausencia/presencia, o “Introducir los datos”.



2.-Introducir los datos para la tabla de ausencia/presencia, se debe llenar con ceros y unos, según corresponda.

	VAR00001	VAR00002	VAR00003	VAR00004	VAR00005	VAR00006	VAR00007	VAR00008	VAR00009	VAR00010	var
1	1,00	,00	1,00	,00	1,00	,00	1,00	,00	1,00	,00	1,00
2	1,00	,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	,00
3	,00	1,00	,00	,00	1,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	,00
4	1,00	,00	1,00	,00	,00	1,00	1,00	1,00	1,00	,00	,00
5	,00	1,00	,00	1,00	,00	,00	,00	1,00	1,00	1,00	1,00
6	,00	1,00	,00	1,00	,00	1,00	,00	1,00	,00	1,00	1,00
7	1,00	,00	,00	1,00	1,00	1,00	,00	,00	1,00	,00	,00
8											
9											

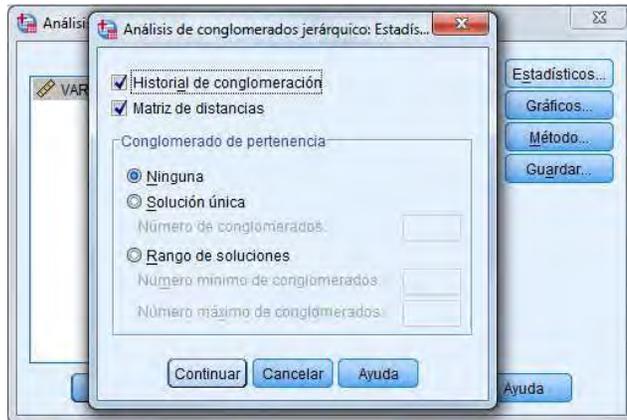
3.-Seleccionar del menú: “Analizar”, “Clasificar”, “Conglomerados jerárquicos”.



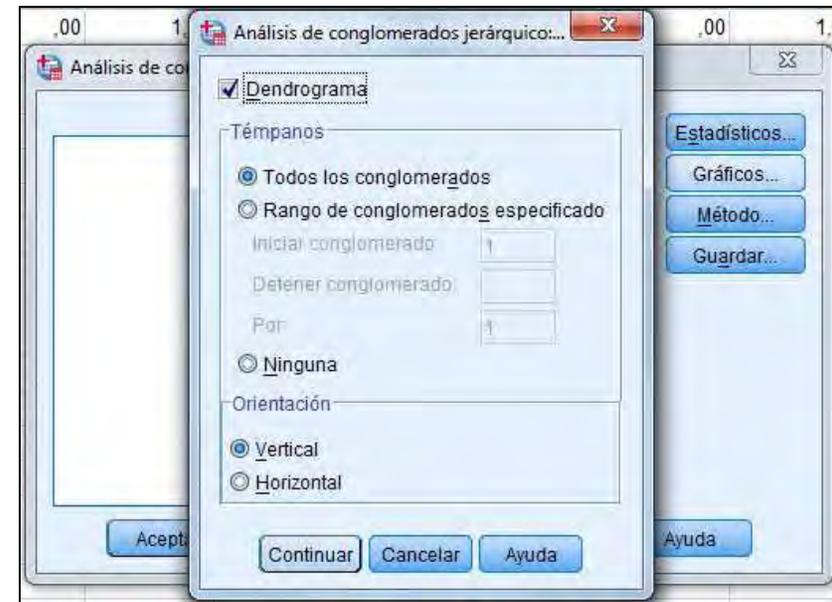
4.-Pasar todas las variables al recuadro derecho del menú “Variables”. Cerciorarse de que estén seleccionados “Casos” en el menú de “Conglomerar”, y “Estadísticos” y “Gráficos” en el menú “Visualización”.



5.-Seleccionar “Estadísticos” en la parte derecha del menú. A continuación saldrá la siguiente ventana donde se debe seleccionar “Historial de conglomeración” y “Matriz de distancias”. En la sección de “Conglomerado de pertenencia” se debe seleccionar “Ninguna”. Después seleccionar continuar.



6.-Después de regresar a la ventana anterior y seleccionar “Gráficos”. A continuación saldrá la siguiente ventana donde se debe seleccionar “Dendrograma”, “Todos los conglomerados” en el menú de “Témpanos” y “Vertical” en el menú “Orientación”. Después seleccionar continuar.



7.-Después de regresar a la ventana anterior se debe seleccionar “Método”. A continuación saldrá la siguiente ventana donde se debe seleccionar “Vinculación inter-grupos” en el menú de “Método de conglomeración”, en el menú de “Medida” se seleccionará “Binaria” con una “Distancia euclídea”, por default aparece el valor “1” como presente y “0” como ausente. Después seleccionar continuar.



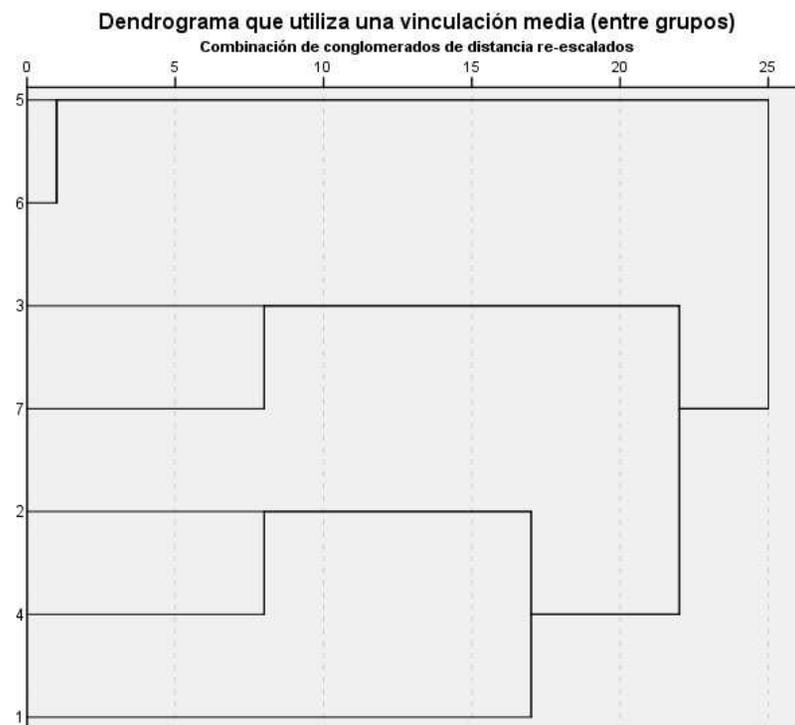
9.-Aparecerá la ventana de resultados y ahí se visualizará la “Matriz de distancias” y el “Dendrograma”, entre otros muchos resultados más.

**Matriz de distancias**

Caso	distancia euclídea binaria						
	1	2	3	4	5	6	7
1	,000	2,236	2,646	2,000	2,449	2,449	2,449
2	2,236	,000	2,000	1,732	2,646	2,646	1,732
3	2,646	2,000	,000	2,646	2,236	2,236	1,732
4	2,000	1,732	2,646	,000	2,828	2,449	2,449
5	2,449	2,646	2,236	2,828	,000	1,414	2,449
6	2,449	2,646	2,236	2,449	1,414	,000	2,449
7	2,449	1,732	1,732	2,449	2,449	2,449	,000

Esta es una matriz de disimilaridades

8.-Se regresará a la ventana anterior y ya nada más se seleccionará aceptar.



### Anexo 3

#### Aportaciones y productos derivados de esta tesis

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2016). Constancia de participación como evaluador de propuestas de la Convocatoria 2016-11 del FORDECYT **“Estrategia Nacional para Fomentar y Fortalecer la Divulgación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en las Entidades Federativas: 2106”**. Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) y CONACYT. Ciudad de México, 14 de junio de 2016.

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2016). Constancia de participación como evaluador de propuestas de la Convocatoria 2016-05 del FORDECYT **“Estrategia Nacional para Fomentar y Fortalecer la Divulgación de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en las Entidades Federativas: 2106”**. Fondo Institucional de Fomento Regional para el Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación (FORDECYT) y CONACYT. Ciudad de México, 18 de mayo de 2016.

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2015). Conferencia: “La creatividad en el museo de ciencia”. **22ª Semana Nacional de Ciencia y Tecnología**. Organizado por la Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Media Superior, Dirección General de Educación Tecnológica Industrial, Subdirección de Enlace Operativo en el Estado de Hidalgo, Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 8. Auditorio del Centro de Bachillerato Tecnológico Industrial y de Servicios No. 8, 23 de octubre de 2015, Mineral de la Reforma, Hidalgo, México.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2015). Impartición del Curso: “Evaluación para encontrar indicadores de creatividad”. **Hacia una publicación infantil en ciencia y tecnología**. Organizado por la Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Química, Secretaría de Extensión Académica, Coordinación de Actualización Docente, Investigación y Desarrollo. El curso se llevó a cabo en la Facultad de Química de la UNAM sede Tacuba, el 01 de octubre de 2015.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2015). “Rasgos creativos del modelo *Exploratorium* que han influenciado a diversos museos y centros de ciencia”. Libro de Memorias del **Congreso Red Pop 2015: Arte, Tecnología y Ciencia, nuevas maneras de conocer**. Sección de Pósteres: Museos y Exposiciones. Corporación Parque Explora. Medellín, Colombia. Del 25 al 29 de Mayo. 1881-1888pp. ISSN: 2462-7755.

-Espinosa, Adriana Elisa; Hernández Carbajal, Luz Angélica; Aguilera-Jiménez, Patricia & Hernández Arellano, Yazmín. (2015). “Los museos de ciencias, objetos de estudio desde la perspectiva de la comunicación del conocimiento”. Libro de Memorias del **Congreso Red Pop 2015: Arte, Tecnología y Ciencia, nuevas maneras de conocer**. Sección de Pósteres: Museos y Exposiciones. Corporación Parque Explora. Medellín, Colombia. Del 25 al 29 de Mayo. 1873-1880pp. ISSN: 2462-7755.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2014). “Evaluación del artículo: Contenedores de vida”. **Boletín RECREO**. Editado por Investigación y Desarrollo y la Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología. Se publica a manera de separata en el periódico “La Jornada”. Núm. 11, septiembre de 2014.

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2014). Impartición del curso para: Módulo 5 “La divulgación a través de los museos”. Con el título: La importancia de evaluar los museos de ciencia. **Diplomado en Comunicación de la Ciencia y Periodismo Científico**. Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología. Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos. Modalidad: Presencial. Dirigido a Profesores, Periodistas, Divulgadores y Público en General del Estado de Morelos. Cuernavaca, Morelos, México. Duración: 5 horas. 15 de agosto de 2014.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2014). “Evaluación de los artículos: ¡Fotografía científica!, Diseñan cafetera espacial, Aumentan las sopas de plástico & De paso en México”. **Boletín RECREO**. Editado por Investigación y Desarrollo y la Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología. Se publica a manera de separata en el periódico “La Jornada”. Núm. 9, Julio de 2014.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2014). “Frank Oppenheimer y su fascinante *Exploratorium*”. **Revista De Veras**. Sección Tras los pasos de. Editada por la Dirección de Financiamiento, Divulgación y Difusión del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), San Mateo Atenco, Estado de México. Año 5 No. 23, Abril-Junio de 2014, 16-17pp. ISSN 2007-6169.

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2014). Conferencia: “Los museos de ciencia”. **5° Seminario de Divulgación Científica**. Organizado por la Secretaría de Innovación, Ciencia y Tecnología y el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos. Auditorio del Museo de Ciencias de Morelos, 30 de mayo de 2014.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2014). “Evaluación de los artículos: ¡Un avión que funciona con energía solar!, Entonces, ¿Por qué se hundió el Titanic? & Esponjas carnívoras ¡cuatro y van once!” **Boletín RECREO**. Editado por Investigación y Desarrollo y la Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología. Se publica a manera de separata en el periódico “La Jornada”. Núm. 7, Mayo de 2014.

-Mora, Lucía y Espinosa, Adriana Elisa. (2014). "Adivina adivinador, ¿de qué museo te hablo yo?" **Revista De Veras**. Sección Músculo para tu cerebro. Editada por la Dirección de Financiamiento, Divulgación y Difusión del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), San Mateo Atenco, Estado de México. Año 5 No. 23, Abril-Junio de 2014, 22-23pp. ISSN 2007-6169.

-Espinosa Contreras, Adriana. (2014). Entrevista sobre la conferencia de "Reflexiones sobre los centros de ciencias del futuro". Aparición en el programa de radio del **1er Simposio de Divulgación de la Ciencia "Ciencia y Medios de Comunicación"**. UAM-Iztapalapa. México, DF. Del día 14 de enero de 2014. Dirección Electrónica: <http://feriacienciasuami.com/simposio/conf5.html>

-Espinosa, Adriana Elisa. (2014). Conferencia: "Reflexiones sobre los centros de ciencias del futuro". **1er Simposio de Divulgación de la Ciencia "Ciencia y Medios de Comunicación"**. Organizado por la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Teatro del Fuego Nuevo, 14 de enero de 2014.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2014). "Evaluación de los artículos: ¡Nuevas y asombrosas especies! & Hablemos de vellos". **Boletín RECREO**. Editado por Investigación y Desarrollo y la Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología. Se publica a manera de separata en el periódico "La Jornada". Num. 3, Enero de 2014.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2014). Asesoramiento del artículo: "*Universum*, museo de las ciencias: Un lugar sorprendente". **Revista De Veras**. Sección: Para visitar. Editada por la Dirección de Financiamiento, Divulgación y Difusión del Consejo Mexiquense de Ciencia y Tecnología (COMECYT), San Mateo Atenco, Estado de México. No. 22, Enero-Marzo de 2014, 3p. ISSN 2007-6169.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2013). Conferencia: "La historia de los museos de ciencia y su papel en la divulgación del conocimiento". **Jornada Académica: Cultura, Ciencia y Educación Alternativa**. Organizado por la Casa de las Ciencias de Oaxaca, 13 de diciembre de 2013.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2013). Mesa Redonda: "Diseñando el centro de ciencia del futuro". Dentro del **Seminario de Investigación Museológica**. Organizado por la Unidad de la DGDC y la Unidad de Vinculación Artística del CCUT. Centro Cultural Universitario Tlatelolco, 25 de noviembre de 2013.

-Espinosa, Adriana Elisa. (2014). "Evaluación del artículo: 100% mexicanos". **Boletín RECREO**. Editado por Investigación y Desarrollo y la Red Nacional de Consejos Estatales de Ciencia y Tecnología. Se publica a manera de separata en el periódico "La Jornada". Núm. 1, Noviembre de 2013.

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2013). Conferencia: “Las transformaciones de los museos de ciencias y su papel en la divulgación del conocimiento”. **Centro Peninsular en Humanidades y Ciencias Sociales de la Universidad Nacional Autónoma de México**. Mérida, Yucatán, México. 26 de junio de 2013.

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2012). Ponencia: “Centros de Ciencia ¿Un modelo expositivo agotado?”. Dentro del **Seminario de Investigación Museológica**. Organizado por la Unidad de Formación en Divulgación de la Ciencia. Dirección General de Divulgación de la Ciencia. Universidad Nacional Autónoma de México. Ciudad Universitaria, julio de 2012.

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2012). “Sentando las bases para la evaluación de la creatividad en productos de divulgación de la ciencia”. En Soberón Chávez, Gloria (coordinadora). Memoria del **Segundo Congreso de Alumnos de Posgrado**. Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Estudios de Posgrado, México. 299p. ISBN 978-607-02-3355-5.

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2010). Invitación a la Mesa redonda: “Experiencias en Comunicación de la Ciencia”. Dentro del **Seminario de Comunicación de la Ciencia**. Organizada por la Unidad de Formación en Divulgación de la Ciencia, Dirección General de Divulgación de la Ciencia, Universidad Nacional Autónoma de México, Casita de las Ciencias del Museo de las Ciencias UNIVERSUM, México D.F. 12 de Agosto de 2010.

-Espinosa Contreras, Adriana Elisa. (2010). “Heurística y Creatividad”. **XV Congreso Internacional de Filosofía “El Diálogo Filosófico”**. Dentro del Simposio: Nuevos horizontes de la racionalidad científica. Organizado por la Asociación filosófica de México. Ciudad Universitaria, del 25 al 29 de enero de 2010.