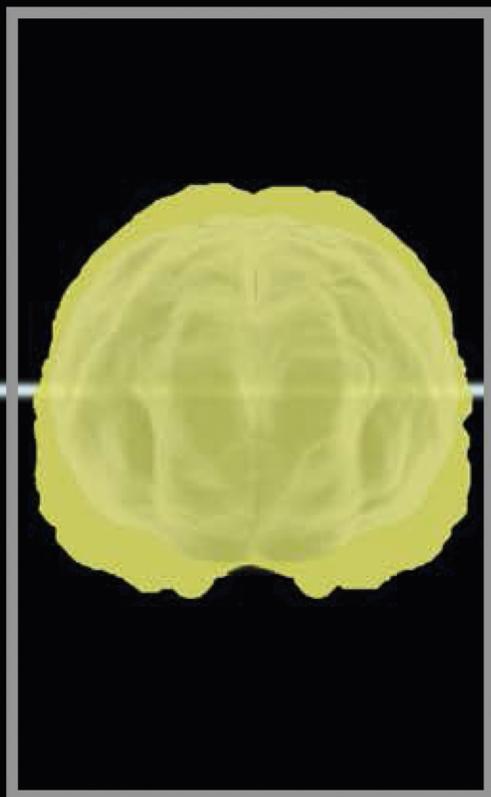


# *La imagen, el proceso cognitivo y el aprendizaje*

---

Lorena Noyola Piña







---

---

# La imagen, el proceso cognitivo y el aprendizaje

Lorena Noyola Piña





Esta publicación fue financiada con recursos del Fondo para Elevar la Calidad de la Educación Superior (FECES) 2015.

Este programa es público ajeno a cualquier partido político. Queda prohibido el uso para fines distintos a los establecidos en el programa.

Noyola Piña, Lorena

La imagen, el proceso cognitivo y el aprendizaje / Lorena Noyola Piña. - -  
México : Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Facultad de Diseño, 2016.

130 p.: il.

ISBN 978-607-8434-82-4

1. Cognición – Investigación 2. Aprendizaje visual 3. Percepción visual 4. Representación mental

LCC BF311

DC 153.4

Esta publicación fue dictaminada por pares académicos

Primera edición, 2016

D. R. © 2016, Universidad Autónoma del Estado de Morelos  
Av. Universidad 1001  
Col. Chamilpa  
62210, Cuernavaca, Morelos  
publicaciones@uaem.mx  
libros.uaem.mx

D. R. © 2016, Lorena Noyola Piña

Coordinación editorial y corrección de estilo  
Laura Silvia Iñigo Dehud  
Liliana Iñigo Dehud

Cuidado editorial  
Héctor C. Ponce de León Méndez

Diseño editorial y diseño de portada  
Lorena Noyola Piña

ISBN: 978-607-8434-82-4

Queda totalmente prohibida la copia de cualquier artículo  
sin la autorización previa del autor.

Las imágenes utilizadas en algunos artículos de este libro son autorales. Las obtenidas de Internet tienen copyright y es  
responsabilidad de los compiladores su uso.

Este libro circulará en medios educativos sin fines de lucro.

Impreso en México



## Índice

Introducción .....	7
Teorías y conceptos .....	9
Contextos históricos .....	15
Del estudio del cerebro humano .....	15
De los dispositivos educativos visuales digitales.....	19
El cerebro humano .....	23
Conceptos físicos básicos.....	23
Campos eléctricos y corrientes .....	23
Energía potencial electrostática .....	24
El campo eléctrico .....	24
Líneas de fuerza y líneas de campo eléctrico .....	24
Casos particulares .....	25
Corriente eléctrica .....	25
Potencia y energía .....	26
Electromagnetismo.....	26
Electromagnetismo Aplicado: efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano .....	27
Ondas, sonido y radiación.....	27
Radiación electromagnética .....	28
Células del organismo humano.....	29
Tejido nervioso .....	31
Neuroanatomía funcional .....	31
Técnicas de análisis del cuerpo humano .....	33
La magnetoencefalografía (MEG) .....	34
Historia y relación de la magnetoencefalografía con otros métodos no invasivos para el estudio de la función cerebral.....	36
El ojo: impulsos eléctricos, el cerebro y la interpretación mental .....	37
Neurofisiología y aprendizaje.....	40
La teoría de la Gestión Mental (GM) .....	40
Los aportes teóricos de Lev S. Vygotski .....	45
La teoría de las inteligencias múltiples.....	50
Neurofisiología y cognición: procesos cerebrales y procesos mentales.....	54
Diseño de significaciones visuales digitales .....	58
Las interfaces digitales y sus elementos gráficos.....	60
Percepción visual y cognición .....	63
El diseño visto por el ojo .....	64
Teoría de color.....	66
El color en los monitores .....	67
Hipertexto y tipografía.....	68
Interactividad .....	69



---

---

Las significaciones visuales digitales para el estudio de campo .....	70
Estudio de campo .....	73
Delimitación del objeto de estudio empírico .....	73
Unidades de análisis .....	73
Objetivo general del estudio empírico .....	73
Objetivos particulares del estudio empírico .....	73
Hipótesis alternativa operacional .....	74
Pregunta de investigación .....	74
Metodología empírica .....	74
Tabla de variables .....	75
Población .....	78
Diseño de cuestionarios .....	78
Análisis de los resultados .....	79
Conclusiones:	
Interrelaciones entre la neurofisiología, la psicopedagogía y el diseño .....	119
Referencias .....	124
Glosario .....	129



---

---

## Introducción

La investigación que aquí presento surgió en 2006 ante las conclusiones de investigaciones previas, en donde encontré que los dispositivos de educación a distancia en línea asíncronos fomentan el aprendizaje significativo a través del diseño de una nueva significación hipermediática que estimule de manera correcta el cerebro por medio de signos vygotskianos<sup>1</sup> (percibidos por el órgano de la vista, del oído o ambos). Dicha significación interactúa con las funciones rudimentarias, las funciones superiores y las inteligencias múltiples que cada individuo posee y realiza.<sup>2</sup> Una de las conclusiones principales con referencia al diseño es la pertinencia de verificar que los íconos gráficos y elementos auditivos utilizados, no distraigan al individuo de lograr un aprendizaje significativo. Así pues, en lo que respecta a las características formales del diseño del dispositivo, los estímulos que funcionan como signos medios auxiliares para la mediación y generación del aprendizaje deben estar equilibrados con los requerimientos del estímulo cerebral (reflejado en procesos mentales) y los objetivos educativos. Asimismo, deben considerarse las características de cada individuo (funciones rudimentarias según Vygotski), que si bien nunca son iguales, sí pueden detectarse puntos comunes a un grupo de personas; como Vygotski mismo dice, se puede actuar en la memoria ajena como en la propia. Esto nos abre la posibilidad de generar productos educativos considerando una serie de funciones rudimentarias convergentes para generar cualquier producto educativo y de diseño.

El presente libro es el resultado de mi investigación doctoral, y tiene como objetivo principal reflexionar y teorizar, con fundamento en la psicopedagogía, el diseño y la neuropsicología, sobre el proceso de evocación que relaciona una significación digital con el comportamiento cerebral, las funciones mentales y la posibilidad del aprendizaje. Para lo anterior, se realizó un estudio de campo empírico y se analizaron los resultados a la luz de la convergencia de distintas teorías de aprendizaje, de funcionamiento neuronal y de diseño. Este análisis permitió hacer una disertación sobre el comportamiento de las características formales de una pantalla digital y apuntar recomendaciones al diseño de la misma, con miras a que los estudiantes generen anclas en su estructura cognitiva<sup>3</sup> que permitan, en un momento dado, coadyuvar a que el aprendizaje sea significativo; aunque, cabe decir que este tipo de aprendizaje no fue el objetivo de la presente investigación, ya que se proporciona al individuo una visualización de corta duración de la significación, y únicamente de elementos formales del diseño. Lo anterior, se justifica con base en la capacidad de la evocación<sup>4</sup> para eventualmente tener una participación relevante en el proceso mental y conllevar a un aprendizaje a largo plazo.

También presento elementos relevantes para la comprensión del comportamiento del cerebro, y el porqué y cómo ha sido posible la visualización de la actividad cerebral con algunas de las técnicas más recientes de

---

<sup>1</sup> Para nuestros fines, un signo vygotskiano es aquel estímulo medio artificial cuya función es la de interactuar con la estructura cognitiva del receptor para la creación del conocimiento. Puede ser un ícono gráfico, un audio, un video o cualquier producto multimedia.

<sup>2</sup> Estos conceptos están basados en la teoría de Lev Vygotski y en la teoría de las inteligencias múltiples de H. Gardner que se explican más adelante con detalle.

<sup>3</sup> El término ancla se basa en la teoría de aprendizaje significativo de David P. Ausubel.

<sup>4</sup> Se refiere al concepto desarrollado por Antoine de La Garanderie, quien describe la capacidad de recuperar elementos de la estructura cognitiva que se aprendieron o se almacenaron por alguna experiencia específica, y que se encuentran en un estado latente en el cerebro, así son revividos o recordados cuando se evocan.



análisis médico. Los avances en las neurociencias y la neuropsicología han permitido acercarse al funcionamiento de la mente a través del cerebro por medio de diversas técnicas como el mapeo cerebral. Aunque es un tema del que nos hace falta saber mucho y en el que día a día se descubren nuevas cosas, algunas de las aproximaciones que ya se han hecho permiten que esta reflexión adquiera sentido. Por otro lado, cabe decir que en ningún momento se trata de demeritar la capacidad cerebral y mental a una estructura fija y condicionada, sino tratar de aproximarnos al conocimiento de la relación de los elementos formales del diseño de significaciones educativas digitales por la evocación y, a partir de ahí, relacionarlo con las teorías de generación de conocimiento. Está claro que el cerebro es un elemento flexible, que ha sido un enigma a través de la historia de la humanidad, y que seguirá sorprendiendo con su capacidad de adaptación y su maleabilidad; aun así, se han identificado áreas cerebrales que afectan directamente funciones mentales. Siempre, por supuesto, puede haber excepciones extraordinarias de individuos que superen la falta de áreas cerebrales con el uso y acondicionamiento de otras y que recuperen sus funciones.

Así, iniciamos con elementos físicos, biológicos y médicos que permiten una comprensión de los sucesos cerebrales y del avance tecnológico que ha derivado en las actuales reflexiones de las funciones mentales y cerebrales. Posteriormente, desarrollo las teorías psicopedagógicas en las que tiene sustento la reflexión. Las teorías aquí presentadas me han permitido generar conceptos que aplico a la reflexión sobre la temática planteada; sin embargo, no son las únicas que han tratado de hacer acercamientos a las funciones mentales. Así, los conceptos que se forman a través de la reflexión de las propias teorías que se presentan, permiten la clarificación de las conclusiones, pero no limitan la posibilidad de la capacidad cerebral o mental, es decir, que son enunciativas pero no limitativas a la propia mente y al cerebro.

Finalmente, en las conclusiones se presenta la reflexión, que trata de ser concisa y profunda, sobre la interrelación de las características formales del diseño de una significación educativa digital y la evocación, con miras a generar conocimiento a largo plazo; en términos reales, y respondiendo al avance vertiginoso del conocimiento del cerebro y la mente, del descubrimiento de nuevas técnicas para visualizar su comportamiento, del avance de la tecnología de y para diseño, de la tecnología de y para Internet, y de las teorías de las temáticas aquí planteadas. Este libro es un acercamiento más, y no intenta generar paradigmas absolutos ni condicionantes a la diversa e imaginativa disciplina del diseño de interfaces digitales.

Antes de empezar, quiero comentar que al ser la continuación de mi investigación, hay algunas partes que se explican también en mi libro *Diseño e imagen digital de interfaz*, de 2014, sin embargo hay que recalcar que lo aquí presentado está actualizado y es referencia necesaria para que en este libro se entiendan los conceptos de forma integral.



---

---

## *Teorías y conceptos*

Una investigación que interrelaciona múltiples disciplinas como el diseño, la medicina, la psicopedagogía y la neurofisiología, implica un grado de complejidad considerable y debe estar sustentada en el conocimiento y la investigación de elementos de cada una de éstas. En la presente investigación confluyen varios elementos que en su conjunto permiten acercarnos al entendimiento de algunos procesos mentales y cerebrales, y que conllevan a la generación de conocimiento a partir de elementos visuales y formales del diseño de una interfaz digital.

El constructivismo plantea que el conocimiento se construye a partir de conocimientos previos que se modifican a través de las funciones psíquicas superiores, que según Vygotski (2000, t. III: 29) son el conjunto de los procesos de dominio de los medios externos del desarrollo cultural y del pensamiento, y los procesos de desarrollo de las funciones psíquicas superiores especiales (lenguaje, escritura, cálculo, dibujo, atención voluntaria, memoria lógica, formación de conceptos), que se dan a través de nexos humanos mediados. Una interpretación de lo anterior que aplica a esta investigación, es decir, que las funciones superiores son aquellos procesos mentales en los que elementos externos conviven con conocimientos previos almacenados en la memoria, y que en su interrelación generan nuevo conocimiento o reflexiones que le sirve al individuo para aprender.

La mediación se puede dar por dispositivos digitales que presenten los contenidos de forma que el aprendizaje se realice por descubrimiento guiado (García, 1988) y que conlleve al arraigo tipo “aprendizaje” (Vygotski, 2000, t. III), que al interiorizar las funciones superiores llevadas a cabo se reflejan en un aprendizaje significativo (García, 1988). El descubrimiento guiado según Ausubel (García, 1988) es aquel mediante el cual se descubre el contenido principal de lo que se va a aprender antes de ser incorporado a la estructura cognitiva, que se modifica por medio de las funciones psíquicas superiores. El arraigo tipo “aprendizaje” se da cuando se asimilan la propia estructura del proceso, las reglas de utilización de los signos externos y se utiliza el bagaje de estímulos internos al tiempo que se comienza a operar con éstos últimos más fácilmente que con los externos. Es decir, que utilizando los conocimientos previos que interactúan con los estímulos externos, se genera nuevo conocimiento.

Los conocimientos previos van a ser conceptualizados como las funciones rudimentarias que implican documentos del desarrollo, es decir, una estructura de tipo geológico (según Vygotski, 2000, t. III) en la que están registradas las diversas fases del desarrollo del individuo. Jean Piaget también habla de estructuras sucesivas que se van acumulando en el transcurso de la vida a través de procesos de acumulación (asimilación y acomodación). En términos generales, diversos autores dedicados a los estudios cognitivos del ser humano plantean la importancia de las experiencias previas del individuo para el desarrollo posterior de habilidades y formación de conceptos, así como de la capacidad de aprendizaje que el individuo tiene con respecto a una temática específica. Dentro de la presente investigación nos basaremos en la teoría planteada por Vygotski por su accesibilidad y por el amplio espectro que cubre en sus investigaciones, sin descartar a otros investigadores que hubiesen tratado el tema y que sean pertinentes dentro de la línea constructivista y cognoscitiva que planteamos.

Juan Ignacio Pozo (2003) a su vez señala que el aprendizaje, en general y bajo cualquier perspectiva teórica, es un proceso cognitivo, que al estar mediado por sistemas culturales complejos desarrolla nuevas funciones cognitivas. Pozo se interesa en la representación mental y en lo que llama dimensiones cognitivas que son el equivalente de las funciones psíquicas superiores de Vygotski. La psicología cognitiva estudia las funciones psicológicas del ser humano, que son: la memoria, el lenguaje, la inteligencia, el razonamiento, la resolución de problemas, la percepción y la atención. Generalmente, la cognición se define como el conjunto de actividades mentales y procesos relativos al conocimiento y la función que los realiza. La psicología cognitiva parte del principio de que podemos inferir las representaciones, las estructuras y los procesos mentales a partir del estudio del comportamiento. Al contrario del conductismo, la psicología cognitiva defiende que la psicología es el estudio de la mente y no del comportamiento, y sostiene que la introspección no es particularmente confiable para explorar la mente. En la psicología cognitiva se trata de dilucidar lo que sucede en la caja negra del cerebro al tratar de conjuntar los fenómenos que tienen lugar entre la estimulación del sujeto por el medio y la respuesta observable del organismo (s/a, *Psychologie cognitive*, 16 de enero 2006).

La psicología cognitiva surge en la década de los cincuenta, al mismo tiempo que la inteligencia artificial, y desarrolla conceptos específicos para describir qué pasa dentro de la caja negra del cerebro a partir de la informática. Los conceptos como *información, sistemas de información y tratamiento de información* que en su origen son acuñados por la informática permiten pensar la cognición. Aunque se han dado progresos considerables desde que surgió la psicología cognitiva, el concepto de sistema de información permanece en el centro de los modelos cognoscitivos, que adoptan formalizaciones más bien simbólicas (cuando la cognición es vista como un sistema de manipulación de símbolos), de conexión (cuando es vista como circulación de activación en una gran red de neuronas), o híbridas (concepto de una gran red de neuronas que realiza funcionalmente un sistema de símbolos) (s/a, *Psychologie cognitive*, 16 de enero 2006).

Por otro lado, la teoría de la gestión mental fue desarrollada por Antoine de La Garanderie, y está relacionada con la evocación; estudia los procesos mentales y su diversidad. La gestión mental se refiere a una toma de conciencia por parte del individuo sobre sus propios procesos mentales para que las funciones psíquicas superiores se lleven a cabo de mejor manera y se refleje en un aprendizaje significativo. Es el reconocimiento de nuestros procesos de aprendizaje y de construcción del conocimiento. La gestión mental tiene por objeto llevar a la persona a descubrir por sí misma los recursos mentales sobre los cuales se basa para construir el conocimiento. Originalmente, surge por la preocupación de de La Garanderie porque sus alumnos obtuvieran buenos resultados. La teoría plantea como principio fundamental que los individuos tomen conciencia de sus propios procesos cognoscitivos con base en una reflexión interior, y a partir de eso llevan a cabo acciones para apropiarse el conocimiento. Así, toda la vida mental es animada por un proyecto y el pedagogo acompaña al que aprende para guiarlo hacia una autonomía de los medios de aprendizaje. Los descubrimientos que la persona hace sobre sí misma la llevan a una mejor comprensión de la vida cotidiana y a la toma de conciencia de que sus hábitos mentales influyen su capacidad de aprender, y que éstos pueden ser modificados y desarrollados para enriquecerse. La teoría de la gestión mental se inscribe dentro de las investigaciones sobre una mejor comprensión del funcionamiento del cerebro y del conocimiento de los procesos mentales que permiten que el aprendizaje se desarrolle en mejores condiciones, por eso de La Garanderie habla de la gestión mental como una capacidad de generar recursos intelectuales para los que la percepción y la evocación son necesarios. La gestión mental lleva al individuo a la conciencia de su propia inteligencia (s/a, *La gestion mentale, s/f*).<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Es preciso señalar que de La Garanderie elabora toda una pedagogía del gesto mental y lo centra en la atención, memorización, comprensión, reflexión e imaginación, Cfr. Recuperado de [http://www.csdm.qc.ca/SJdelaLande/nosfondements/gestes\\_mentaux.htm](http://www.csdm.qc.ca/SJdelaLande/nosfondements/gestes_mentaux.htm)

Otro de los teóricos que aporta conceptos básicos para la presente investigación es Howard Gardner (1995), quien desarrolla una teoría conocida como de las inteligencias múltiples. Esta teoría se refiere a la capacidad de resolución de problemas por parte del individuo por medio de inteligencias diferenciadas, y plantea que los distintos niveles de desarrollo de las inteligencias en un mismo individuo hace que los procesos resolutivos sean individuales. Al mismo tiempo, mediante el conocimiento de uno mismo (que es una de las inteligencias que plantea) se pueden aprovechar las inteligencias más desarrolladas para aprender y aterrizar los conocimientos construidos en otra inteligencia. La teoría de las inteligencias múltiples hasta 1995 define siete inteligencias: la musical, la cinético-corporal, la lógico-matemática, la lingüística, la espacial, la interpersonal y la intrapersonal. Gardner plantea que el núcleo de la inteligencia musical es la sensibilidad para entonar bien, y el manejo de la notación musical que proporciona un sistema simbólico coherente; el de la inteligencia cinético-corporal es la capacidad o habilidad de dominar o controlar los movimientos corporales; el de la inteligencia lógico-matemática nos permite resolución de problemas cotidianos y complejos concernientes a las matemáticas y ciencias afines y a razonamientos lógicos; el de la inteligencia lingüística es la sensibilidad hacia los rasgos fonológicos, hacia los lenguajes escritos o hablados; el de la inteligencia espacial es la capacidad de navegación y el uso de mapas como sistema de notación; el de la inteligencia interpersonal es la capacidad de entender los cambios en otra personas, sobre todo en sus estados de ánimo, temperamento, motivaciones e intenciones, y el de la inteligencia intrapersonal es la capacidad de entenderse a uno mismo, nuestros sentimientos, nuestros miedos y motivaciones (Gardner, 1995). Posteriormente, Gardner (2006) planteó otras dos inteligencias, la naturista y la existencial (véase el apartado *La teoría de las inteligencias múltiples*).

Asimismo, Gardner desarrolla en su libro *Arte, mente y cerebro. Una aproximación cognitiva a la creatividad*, (2005), diversos ensayos sobre el funcionamiento del cerebro en personas tanto dotadas, como con lesiones cerebrales, planteando que una forma de conocer cómo funciona el cerebro normal es a través del estudio de cerebros deteriorados por diversas circunstancias. En estos ensayos, Gardner evidencia que la división conceptual del cerebro en dos hemisferios es una forma tajante que no se apega a la realidad del funcionamiento cerebral, sino que éste se comporta de diferentes maneras según la edad del individuo, el tipo de lesión cerebral y lo extendido que ésta pueda estar. Por ejemplo, en los niños el cerebro tiene un comportamiento plástico que permite que la lesión sea compensada por el resto del cerebro sin importar en que hemisferio se compense; sin embargo, en un adulto que sufre una lesión cerebral tiene consecuencias diversas según la zona que se haya afectado. Gardner retoma a Luria como uno de sus teóricos básicos. Luria se encuentra dentro de la corriente de pensamiento de Vygotski, por lo que permite, en términos de la presente investigación, una coherencia teórica con respecto a los conceptos básicos que se manejan.

Ahora bien, los signos vygotkianos deben entrar en contacto con el cerebro para tener la posibilidad de modificar la estructura cognitiva del individuo, este contacto se da a través de la mediación. La mediación del aprendizaje se puede realizar por medio de dispositivos digitales (Linard, 1998), como anteriormente se comentó, cuyas características como estímulos visuales están directamente relacionadas con el soporte gráfico que los contiene: la computadora. Aun cuando los dispositivos no sean percibidos a través de un monitor, sino por medio de una proyección de mayores dimensiones, o por un dispositivo electrónico del tamaño de un celular, las propiedades gráficas en sus niveles básicos se mantienen. Así, los colores serán luz (Küppers 2003-2004) y no pigmento, y los estímulos se percibirán con mayor fuerza en los ojos, la percepción será diferente a la que nos proporcionan los estímulos impresos. Los estímulos auxiliares visuales que una pantalla despliega llegan al cerebro a través del órgano de la vista: el ojo. Con esta estimulación, el ojo lleva los códigos al cerebro para ser interpretados. Es decir, que el cerebro percibe imágenes del exterior mediante un proceso



---

regido por la fisonomía del ojo en el que intervienen los códigos eléctricos de la luz en su comportamiento dual de onda-partícula, interactuando con la materia.

El ojo recoge los rayos de luz y los enfoca en la retina que manda impulsos eléctricos al cerebro para ser interpretados. Inicialmente la luz entra a través de la córnea que actúa como una lente convexa. Detrás de la córnea se encuentra el iris, un músculo que se contrae y se dilata según la cantidad de luz exterior de manera inversamente proporcional al tamaño de la pupila, que en realidad es un agujero en el centro del iris que permite el paso de la luz hacia el interior del ojo. La pupila deja pasar la luz hacia el cristalino, cuya forma es controlada por los músculos ciliares para enfocar la luz de la retina. Ésta es fotosensible y cubre alrededor de 65% de la superficie interna del ojo. En la retina, las células fotosensibles convierten la energía lumínica en señales (código eléctrico) llevadas al cerebro por el nervio óptico (Mueller, 1980: 84). En el momento en que el código eléctrico llega al cerebro se produce la sensación de color. Por cada punto en la retina se produce un código específico que lleva su correspondiente sensación de color. Asimismo, por cada punto de la retina corre una fuerza continua de datos hacia el cerebro formando las imágenes multicolores que vemos. En la retina existen células visuales llamadas conos y bastones. Cada célula recoge *cuantos*, es decir, partículas de luz, y las codifica para mandarlas al cerebro, donde se hace la interpretación del color. Existen tres tipos de conos que forman un código eléctrico fisiológico que está compuesto de sus partes correspondientes. Unos conos son sensibles a las ondas cortas, otros a las medias y los últimos a las largas, que combinadas provocan una sensación de color específica. Las ondas cortas son las responsables de la sensación de color rojo, las medias producen sensaciones verdes y las largas sensaciones azules, RGB por sus siglas en inglés y RVA en español. Este código es producido después de los procesos de corrección y adaptación del órgano visual (Küppers, 2003-2004).

Para fines de diseño es importante saber que el cerebro interpreta un código corregido por el ojo, ya que hay efectos de interpretación en los colores según sea el tipo de corrección visual: la primera adaptación del ojo humano es a la intensidad de la luz. El iris se dilata o contrae dejando pasar cantidades de luz suficientes para que podamos ver; la segunda adaptación del ojo es cuando la luz está coloreada. Esta coloración de la luz se puede dar a través de un elemento de color como un vidrio amarillo, o a través de gases atmosféricos y modifica los colores de los objetos, y la tercera adaptación del ojo es cuando los colores aparecen juntos, se llama contraste simultáneo; aquí, el cerebro modifica la interpretación del color según los colores que lo rodean, es la habilidad para cambiar los aspectos de color por la influencia de los colores limítrofes, y ayuda al ojo a tener una mejor lectura de los objetos (Küppers, 2003-2004). El color, la forma y el tamaño de los estímulos auxiliares de una significación educativa digital dependen de su percepción a través del ojo y de su interpretación en el cerebro, que recibe los códigos eléctricos resultantes de la interacción de la luz con la materia. De la luz depende el color que el cerebro interpreta, y depende de su comportamiento como partícula el código que va a recibir el ojo.

Así pues, la luz reflejada por la materia tiene como resultado una sensación de color en el cerebro. Esta sensación depende de la combinación de las ondas lumínicas reflejadas que responde a un comportamiento físico determinado y puede tener repercusiones anímicas en el que las percibe. Este comportamiento es conocido como teoría del color, y se basa en dos sistemas principales: colores pigmento y colores luz. Las significaciones de cualquier tipo digitales implican el uso del sistema luz. Los colores primarios luz son: verde, azul y rojo (RGB son sus siglas en inglés). Hablamos de color luz cuando tenemos luz blanca o solar. Los colores luz se mezclan *aditivamente*, es decir, que la suma de los colores primarios luz dan como resultado el blanco. En los colores luz, la ausencia de color es el negro, que sirve de base para el resto de los colores y llena todos los valores de diferencia (Küppers 2003-2004).





La percepción de los estímulos de cualquier índole está directamente relacionada con la interpretación de los mismos por el encéfalo. Actualmente, hay técnicas clínicas que nos permiten ver el funcionamiento del cerebro, entre otras cosas, al recibir un estímulo a través de cualquiera de los sentidos. Mediante el estudio del mismo pueden establecerse nexos entre éste y el aprendizaje significativo, a través de las funciones psíquicas superiores. Hay neurofisiólogos que estudian el comportamiento cerebral relacionado con la percepción de estímulos visuales, como Jean-Pierre Changeux. La relación del diseño de los dispositivos educativos digitales con el funcionamiento del cerebro permite un mejor desempeño de los mismos. Es importante que el diseñador gráfico de dispositivos educativos digitales se aboque a conocer cómo es que sus productos están teniendo injerencia real en la construcción del conocimiento para que su papel sea propositivo y beneficioso a la sociedad. Por la naturaleza de la investigación, que relaciona la evocación de estímulos visuales en tres tiempos con actividad cerebral a través de mapeo cerebral, los estímulos que se utilizarán en la fase experimental de la presente investigación serán únicamente visuales; sin embargo, se ha demostrado que los dispositivos con posibilidades de audio y de interacción son mucho más asertivos al producir aprendizaje significativo, puesto que lo que se hace y se practica queda registrado en la estructura cognitiva con mayor eficacia que lo que sólo se ve.

Tenemos entonces que el ojo manda impulsos eléctricos al cerebro y que éste los interpreta en distintas zonas según el tipo de estímulo del que se trate. A su vez, esta interpretación se da a través de una reacción físico-química en el cerebro que se puede visualizar mediante las técnicas clínicas no invasivas que permiten el mapeo cerebral. Todas las técnicas clínicas no invasivas que permiten el mapeo cerebral están basadas en la detección de campos ya sea eléctrico o magnético, o en el cambio de densidad sanguínea en algunas zonas, por lo que es importante conocer conceptos básicos sobre el funcionamiento y la anatomía del cerebro. Jacques Poirer en su libro *El sistema nervioso*, (2004), describe el sistema nervioso humano y sus procesos de comunicación de manera sintética, existen muchos libros de neurofisiología y autores que han tratado este tema desde el punto de vista de la fisiología; sin embargo, la síntesis de Poirer permite rescatar los conceptos básicos de manera sencilla.

Poirer (2004) nos dice que el sistema nervioso humano se divide en central y periférico, siendo el central aquel compuesto por el encéfalo y la médula espinal, y que está concentrado en el cráneo y la columna vertebral (Poirer, 2004: 17); y el periférico, el cual se compone de los nervios, los ganglios nerviosos y las terminaciones nerviosas, y está disperso en el conjunto del organismo (Poirer, 2004: 18). El sistema nervioso central se alimenta con la información que le proporciona el periférico a través de sus distintas terminales nerviosas para que sean ejecutadas distintas acciones según la información (o estímulo) que le llegue. Los estímulos que recibe el encéfalo o cerebro pueden ser internos, es decir, que se generan dentro del organismo; o externos, es decir, que se generan fuera del organismo y que llegan a él a través de los sentidos, como mencioné anteriormente.

El encéfalo está dividido en dos hemisferios: derecho e izquierdo. Los hemisferios realizan actividades específicas que en su conjunto proporcionan al individuo la capacidad de las funciones psíquicas, tanto rudimentarias como superiores. Cada hemisferio a su vez está constituido por cuatro lóbulos separados por cisuras y distribuidos como herraduras en torno al ventrículo lateral.

“El sistema nervioso constituye un todo y sólo la distribución anatómica de sus elementos o de las sutilezas funcionales permite individualizar subconjuntos” (Poirer, 2004: 28). Así, existe una masa encefálica conocida como sustancia gris, que corresponde a las regiones del sistema nervioso central en las que están reunidas



---

las neuronas y la totalidad de las sinapsis (Poirer, 2004: 29). Asimismo, existe una sustancia blanca que es responsable de conducir el influjo nervioso. Las neuronas son las células nerviosas y fueron vistas por primera vez en 1718 por Antonie Van Leeuwenhoek; 150 años más tarde, Deitres trazó el primer esquema morfológico completo de una célula nerviosa con su cuerpo celular, sus dendritas y su axón (Poirer, 2004: 31). Hay diversas teorías sobre las neuronas, Camilo Golgi defiende que las células nerviosas son continuas, mientras que Santiago Ramón y Cajal sostiene que son independientes. “Hoy en día, el concepto de neurona se reduce al de una célula que posee los mismos organitos que todas las demás células y que no presenta más particularidad que una forma general extraordinaria, pero que encuentra su especificidad en las conexiones (sinapsis) que ostenta con otras neuronas” (Poirer, 2004: 36). Así, la sinapsis es la conexión entre neuronas, y es lo que permite que se llevan a cabo las funciones cerebrales y eventualmente las mentales. Cuando hay problemas de sinapsis se dan efectos diversos que se consideran anormales, como la epilepsia. Además, cuando hay un daño cerebral y las neuronas mueren impidiendo sinapsis adecuadas se dan síndromes como el de Broca, que es una afasia, es decir, una incapacidad lingüística en cierto grado. Gardner es uno de los teóricos que trabaja sobre afasias en adultos con lesiones cerebrales y que lo relaciona con la creatividad. La afasia puede estar caracterizada de formas diferentes y es conocida según la zona cerebral que afecte, con distintos nombres de síndromes, y es sólo uno de los efectos que pueden tener los cambios morfológicos cerebrales.

Así, mediante la utilización de técnicas clínicas que permitan el mapeo cerebral, podemos visualizar al cerebro cuando recibe un estímulo medio auxiliar, es decir, un signo vygotskiano representado gráficamente por una significación educativa digital, y podemos a través de instrumentos como el cuestionario, literatura especializada y estudios científicos acerca de estos fenómenos, dirimir si existen conexiones entre los signos vygotskianos y el aprendizaje, todo interpretado bajo la óptica de las diversas teorías psicopedagógicas y de la neuroeducación que antes se mencionó.

Todos estos avances y elementos tanto de diseño formal, psicológicos, pedagógicos, médicos, científicos en general, y tecnológicos no hubieran sido posibles si el humano no considerara primordial desentrañar su propio funcionamiento, su razón de ser, la forma en la que piensa, siente y actúa. Así, para tener una mejor comprensión de cómo es que esta investigación llega a tener sustento en el diseño, la ciencia y la tecnología, y por qué es posible vincular las diferentes posturas y teorías aquí presentadas, es importante hacer un recorrido histórico que aporte la información sobre cómo hemos llegado a saber lo que sabemos hoy en día sobre nuestro cerebro y nuestra mente; asimismo, el cómo y el porqué se han desarrollado los elementos de diseño y el surgimiento de la posibilidad de la educación a distancia digital, y qué tecnologías y teorías se tienen como base.



---

---

## *Contextos históricos*

La preocupación y curiosidad del hombre por saber cómo piensa y cómo funciona el cerebro es natural. A través del tiempo ha estudiado e investigado el funcionamiento del cerebro, que es lo que le lleva a entender la mente humana. En este capítulo se da una aproximación a la historia de los estudios del cerebro humano, lo que permite visualizar el cómo es que ahora hay estudios tan especializados que nos dejan literalmente ver al cerebro en acción y cómo es que se activa según las operaciones mentales. En realidad falta mucho para que podamos comprender en su totalidad la caja negra que implica la mente, pero el hecho de ver el cerebro ha permitido que ya tengamos información importante sobre la localización de zonas especializadas en él.

También se presenta una aproximación a la historia de los dispositivos educativos visuales digitales, que son los elementos gráficos cuya interacción con las reacciones cerebrales y mentales son materia de estudio en esta investigación. Conocer el cómo es que el diseño ha llegado a ser tan especializado, tanto por el soporte como por la posibilidad de ser más que una comunicación de información, un elemento imprescindible para la creación, incremento y generación de conocimiento, y todo el impacto social que esto implica, nos hace contundente la importancia del papel del diseño, sobre todo en dichos dispositivos.

### *Del estudio del cerebro humano<sup>6</sup>*

Dentro de todos los órganos que componen al cuerpo humano y que dan y mantienen vida, el cerebro es el determinante. La disertación a través de estudios clínicos del cerebro y sus funciones es relativamente nueva. Aun cuando desde la época de la Grecia clásica se realizaron disertaciones alrededor del pensamiento humano, la toma de conciencia de la importancia del cerebro para las funciones fisiológicas y mentales del hombre basada en la visualización del cerebro en actividad es reciente. Las técnicas para el estudio de las funciones del cerebro han sido diversas: desde la etnografía hasta la resonancia magnética, el electroencefalograma y la magnetoencefalografía se usan para comprender el funcionamiento cerebral y mental, es decir, para poder entender al ser humano.

Los orígenes de la neurología provienen desde épocas antiguas; no obstante, es hasta Hipócrates (460-370 a. C.) que se registran descripciones de enfermedades que involucran al sistema nervioso. Entre los escritos de Hipócrates se pueden encontrar descripciones clínicas de enfermedades y afecciones que tenían como resultado parálisis y hematomas entre otras consecuencias. Galeno (131-201 d. C.) describe de manera precisa muchas estructuras cerebrales específicas y estudia la neurofisiología de la médula espinal en animales, con quienes experimentó sobre diferentes modalidades sensoriales del tacto, la temperatura y el dolor. Sus escritos

---

<sup>6</sup> El cuerpo del apartado, hasta el siglo XVIII, está basado en el libro de Ashwal (1990), ya que es una de las referencias más completas de la historia de la neurología, aunque se consultaron otras fuentes bibliográficas electrónicas e impresas que están especificadas en la bibliografía de la investigación. El libro de Ashwal está catalogado como el primer estudio biográfico sobre las contribuciones importantes al campo de la neurología infantil, su reseña histórica es muy completa y concisa, cuyo contenido abarca prácticamente desde los primeros registros sobre estudios del cerebro humano.





contienen observaciones sobre efectos de distintos estímulos sobre el sistema nervioso e incluso llegó a proponer tratamientos para la epilepsia y la afasia.

Durante la Edad Media, se creía que las funciones mentales se originaban en los ventrículos del cerebro, y que los vapores entraban al cerebro a través de los vasos sanguíneos. En el siglo XIII, Guillermo de Saliceto propuso que el cerebro regía los movimientos voluntarios y el cerebelo los involuntarios. El Renacimiento fue un periodo de avances en la descripción neuroanatómica tipificada por Gregor Reisch (1512) y Andreas Vesalius (1543). Jean François Fernel escribió el primer trabajo sobre fisiología y propuso el concepto de actividad refleja, bajo el precepto de que ningún acto motor está completamente en control (1542).

El siglo XVII estuvo marcado por contribuciones importantes a la neurología. Thomas Willis fue el primero en utilizar el término neurología, derivado del griego, en su trabajo *De cerebro anatome* en 1664. Willis fue el primero en distinguir los nervios craneales de los espinales, y los nervios autonómicos de los periféricos. También creía que el cerebro era el órgano del pensamiento, al mismo tiempo que describió numerosos desórdenes neurológicos. El primer examen microscópico del sistema nervioso fue realizado por Leeuwenhoek en 1677, seguido por el de Malpighi en 1686. Entre las principales contribuciones al desarrollo del campo de la neurofisiología se encuentran la teoría de acción refleja de René Descartes en 1662, el concepto de irritabilidad de tejido de Francis Glisson (1677), la localización cerebral de Willis (1664), y el estudio de la contracción muscular de Giovanni Borelli (1681), William Croone (1644) y Jan Swammerdam (1758). Además de otros numerosos aportes.

En el siglo XVIII, los aportes fueron primordialmente descriptivos y categóricos. Son importantes los trabajos de Hermann Boerhaave (1761) y de William Cullen (1778). Se le adjudica a Carl Linnaeus el primer escrito detallado sobre la afasia en 1745. El suizo Gaspard Vieusseux describió por primera vez una epidemia de meningitis bacteriana en 1805. Existen otros trabajos que hacen importantes aportaciones al campo de la neurología; sin embargo, se encontraba aún subordinada al campo de la medicina general. No hubo ningún documento que tratara a la neurología como una disciplina separada, pero con el cambio social, intelectual e industrial que comenzó dos siglos antes, la medicina sufrió un cambio radical.

El desarrollo de la neurología como entidad separada de la medicina general se dio conforme se iba acumulando conocimiento básico sobre las neurociencias, y comenzó a principios del siglo XIX. Esto mismo dio pie a que se llevaran a cabo más estudios sobre el sistema nervioso y sus enfermedades. La neuroanatomía se centró en dilucidar la estructura general del cerebro. Hubo aportaciones importantes como las de Sir Charles Bell, quien publicó *The Anatomy of the Brain (La anatomía del cerebro)*, en 1801; Johann Reil, quien entre otras cosas caracterizó los lóbulos del cerebelo (1807) y Luigi Rolando, quien describió las circunvoluciones y los surcos cerebrales en 1809. Franz Gall y Johann Spurzheim determinaron que la materia blanca del cerebro consistía en tractos de nervios y que la materia gris era el origen de la actividad mental (1810-1819). Benedikt Stilling inventó el micrótopo, esencial para la preparación del tejido cerebral para examinación (1824), entre otras contribuciones.

Muchos avances ocurrieron en la neurofisiología en la primera mitad del siglo XIX. La determinación de la función de las raíces anterior y posterior fueron mostradas por Charles Bell (1811) y François Magendie (1822) respectivamente. Julián Legallois (1812) y Jean Pierre Flourens (1837) localizaron el centro respiratorio en los centros medulares más bajos de la médula oblonga. Flourens también mostró que la visión dependía de una corteza y de un equilibrio intactos en la función de los canales semicirculares. Marshall Hall elaboró





el concepto de arco reflejo de la médula espinal, al igual que definió y concibió el término de choque espinal (1850). Johannes Müller desarrolló el concepto que los órganos sensoriales individuales dieron lugar a su tipo específico de sensación (1826). El estudio electrofisiológico de Emil du Bois-Reymond proveyó la primera descripción clara de la corriente de reclinación presente en músculos y nervios (1848). Aunque los estudios de Alexander Monro (1783) y George Kellie (1824) habían sugerido que el volumen de la sangre del cerebro era constante, George Burrows refuta esta doctrina. Sus estudios representan el inicio de la investigación en la fisiología cerebro vascular (1843-44). Frans Donner examinó los vasos piales cerebrales bajo una cámara de vidrio sellada y los observó con diferentes condiciones experimentales, obteniendo distintos resultados, como vaso dilatación asociada a la asfixia (1850). Cuarenta años después, Charles Roy y Charles Sherrington propusieron la idea del control metabólico y neuronal de la circulación cerebro vascular (1890). La neurología clínica también avanzó. John Cooke publicó el primer trabajo por separado en neurología clínica, *A Treatise on Nervous Disease*, (1820-23). El inicio de la era moderna de la neurología se le acredita al trabajo *Lehrbuch der Nervenkrankheiten des Mensch*, de Moritz Romberg en 1840.

El periodo comprendido entre 1850 y 1900 es considerado por muchos como la época dorada de la neurología, ya que muchas escuelas de neurología clínica se desarrollaron: en Francia la de Jean Martin Charcot y Amand Duchenne; en Inglaterra la de John Hughlings Jackson y William Gowers; en Alemania la de Wilhelm Erb y Hermann Oppenheim, y en los Estados Unidos la de Silas Weir Mitchell y Charles Mills. Uno de los elementos claves para que la neurología se desarrollara como disciplina aparte de la medicina general fue la evolución de la neuropatología, principalmente en Francia a cargo de Charcot. Entre numerosas observaciones neuropatológicas que se dieron en esta época se encuentra la descripción de la paresia y demencia senil realizada por Alois Alzheimer (1897, 1904) y la patología de la médula espinal por Heinrich Obersteiner (1888).

La segunda mitad del siglo XIX tuvo avances importantes en la neurohistología, en donde se encuentran los trabajos de Rudolf Virchow (1854), Joseph von Gerlach (1858), Camillo Golgi (1873), Vittorio Marchi (1885), Franz Nissl (1885) y Carl Weigert (1895). Entre otros investigadores de esa época se encuentra Wilhem His, quien acuñó términos como dendrita, neuropil y neuroblasto, y quien además concentró sus investigaciones en la embrogénesis del sistema nervioso (1889). Heinrich Waldeyer, en 1891, formula y nombra el concepto de la estructura de la unidad del sistema nervioso como “neurona”, que consiste en la célula nerviosa y sus procesos. Este concepto está basado en investigaciones precedentes de Augustus Waller, en 1850. El aporte de Waldeyer ayudó a terminar con un siglo de controversia entre la creencia de que el cerebro era una red reticular extensa en la que los impulsos nerviosos atravesaban casi todas las células y de que la actividad neuronal era transmitida de una célula a otra. Los extensos y muy reconocidos trabajos de Ramón y Cajal (1899-1904) apoyan este último concepto. También en esta época, Vladimir Betz describe la larga célula piramidal de la capa cinco de la corteza cerebral que lleva su nombre (1894).

El concepto que había sugerido Luigi Galvani en 1792 sobre la transmisión sináptica, fue estudiado por Emil du Bois Reymond entre 1848 y 1884, y por Charles Sherrington en 1897. Este último realizó estudios extensos sobre la distribución de las funciones motoras raíces de los nervios espinales (1892). El trabajo de Sherrington le valió el reconocimiento como el fundador de la neurología moderna. Herman Helmholtz realizó las primeras mediciones de la velocidad de la conducción nerviosa en 1850. Robert Remak recibe el crédito de haber desarrollado el concepto moderno de sistema nervioso autonómico en 1838. Walter Gaskell demostró las diferentes divisiones del sistema nervioso y postula dos sistemas antagonicos: el excitatorio y el inhibitorio (1886, 1916). El trabajo de John Langley incorporó este concepto en las divisiones simpático y parasimpático



(1894, 1921). Eduard Hitzig y Theodor Fritsch, en 1870, aportaron la localización cortical de las funciones motoras a través de experimentos que simulaban electrodos. En 1868, Hermann Punk sugirió la presencia de una corteza sensorial posrolándica. Estos estudios culminaron en un mapeo electrofisiológico cortical que realizó David Ferrier (1876). En las siguientes décadas, estos estudios fueron ampliados por muchos investigadores.

La era moderna de la neuroquímica empezó con los estudios de Johann Thudichum, quien en 1884 hizo un tratado sobre los constituyentes químicos del cerebro. Un ejemplo fehaciente de que la neurología clínica pudo conformarse como una disciplina sistemática, activa y comprensiva son las investigaciones realizadas sobre apoplejía y la epilepsia. Las investigaciones sobre la apoplejía en parte se basaron en los aportes hechos por Henri Duret en 1873, sobre la anatomía microvascular de la médula oblonga. Esta época se caracterizó por personalidades dominantes en la neurología. Uno de sus mejores representantes es Jean Martin Charcot (1825-1893), quien hizo múltiples contribuciones a la disciplina. Los neurólogos promovieron sus propias organizaciones y, finalmente, obtuvieron citas académicas. La primera asociación de neurólogos fue la Sociedad Neurológica de Nueva York en 1872, seguida tres años más tarde por la Sociedad Americana de Neurología, la primera de carácter nacional. La Sociedad de Neurología de París fue fundada en 1899. El primer departamento de neurología se estableció en 1871 en la Universidad de Pensilvania, Estados Unidos. En París, Charcot, tuvo la primera plaza independiente de neurología en 1882. En Inglaterra, el Hospital para Parálisis y Epilepsia, fundado en 1860, fue pronto conocido como el Hospital Nacional y se convirtió en el centro británico de la neurología, teniendo entre sus colaboradores a gente de la talla de John Hughlings Jackson, William Gowers, David Ferrier, S. Kinnier Wilson y Gordon Colmes. En Alemania, la influencia de la psiquiatría afectó la independencia de la neurología; sin embargo, fisiólogos como Wilhelm Erb, Hermann Oppenheim y Nikollaus Friedreich hicieron importantes contribuciones a la neurología. También fue una época en la que se establecieron numerosas publicaciones sobre esta disciplina.

El siglo XX está lleno de innovaciones tanto científicas como tecnológicas y teóricas. De hecho, en la segunda mitad, se desarrollan lo que conocemos como neurociencias cognitivas, y surgen también otras especialidades como la neurobiología y la neuropsicología. Las neurociencias cognitivas tienen como fin la aproximación a la explicación del funcionamiento de la mente normal a través del estudio del cerebro con daño adquirido (Ward, © 2006).

La independencia de la psicología como disciplina separada de la biología y de la neurología, a fines del siglo XIX y principios del XX, apartó las investigaciones sobre la mente de sus bases biológicas y médicas. En fechas recientes y gracias a los avances tecnológicos, esas disciplinas están volviendo a interactuar. Desde principios y hasta mediados del siglo XX, la psicología era la disciplina que disertaba sobre cuestiones como la conciencia, la atención y la personalidad, sin que pudieran relacionarse directamente con el cerebro. Los fundamentos modernos de la psicología cognitiva se basaban en la metáfora de que el cerebro es como una computadora que procesa información. Esa aproximación daba como resultado diagramas lineales para explicar los procesos mentales: Broadbent (1958) argumentó que la cognición consistía en una secuencia de procesamiento de etapas. Así, esa postura entendía el sistema cognitivo como pasos o etapas realizados por un programa de computadora, sin ninguna referencia al cerebro. Esta idea se ha dejado atrás con los avances científicos (Ward, © 2006).

Fueron los grandes avances en la tecnología, que permite visualizar al cerebro en actividad, los que generaron las condiciones necesarias para que las concepciones que las ciencias neurocognitivas manejaban, cambiaran.



La posibilidad de visualizar el cerebro permite realizar investigaciones sobre funciones cerebrales-mentales en cerebros sanos y describir lesiones de manera precisa. Las reflexiones al respecto del cerebro y de la mente y de cómo ambos conceptos están íntimamente ligados comenzaron a cambiar el panorama de aproximación al conocimiento de los mismos y dieron pie a la interacción de disciplinas que antes se creían de universos diferentes (Changeux y Ricoeur, 2001) (Rosenblueth, 2004). En esta investigación, se pone una disciplina más a interactuar con las que al día de hoy tradicionalmente lo hacen: el diseño.

Los métodos para obtener información sobre las funciones cerebrales y su liga con las funciones mentales se puede dividir en aquellos que graban y aquellos que estimulan, según Ward (© 2006). El único método que actualmente se utiliza con base en la estimulación sustituye a la estimulación eléctrica que se usaba en siglos pasados. Es denominada TMS, que responde a *Transcranial Magnetic Stimulation*, es decir, a una estimulación magnética transcranial. Este método utiliza campos magnéticos en lugar de eléctricos, la diferencia entre ellos se considera con mayor amplitud más adelante.

Los métodos electrofisiológicos —electroencefalograma (EEG) / potenciales relacionados a eventos (ERP) y las grabaciones unicelulares— y los magnetofisiológicos —magnetoencefalografía (MEG)—, graban las propiedades eléctricas y magnéticas de las neuronas respectivamente. Los métodos de imagen funcional —tomografía de emisión de positrones (PET) y resonancia magnética funcional (RMF)— graban los cambios fisiológicos asociados a cambios en la cantidad de sangre en el cerebro, también son conocidos como métodos hemodinámicas.

Los resultados de los distintos métodos se clasifican en dos dimensiones: temporal y espacial. Los electroencefalogramas, magnetoencefalogramas y la estimulación magnética transcranial tienen una resolución de milisegundos, mientras que el PET y la RMF de minutos y segundos pues dependen de la circulación sanguínea. La dimensión espacial se refiere a la precisión para visualizar dónde en el cerebro está ocurriendo el evento. Los métodos de imagen funcional tienen una resolución de milímetros, mientras que, por ejemplo, la grabación unicelular tiene la resolución de una neurona. Asimismo, los métodos pueden ser o no invasivos, lo que se refiere a que si son llevados a cabo de manera externa o si requieren administrar sustancias o incluso trabajar directamente en cerebro. Las dos técnicas invasivas que hemos mencionado son el PET, que requiere una inyección de una sustancia radioactiva; y la grabación unicelular, que se lleva a cabo directamente sobre cerebro y que normalmente se hace sólo en animales.

Toda la actividad cerebral, y por lo tanto mental, responde a estímulos, ya sea internos o externos del sujeto. En esta investigación se trabaja con la capacidad que tienen las imágenes para generar actividad y su interrelación con el aprendizaje en el uso de la evocación. En el siguiente apartado veremos un breve recorrido histórico sobre los dispositivos visuales digitales, que son las significaciones gráficas que reciben los estudiantes.

### *De los dispositivos educativos visuales digitales*

Uno de los procesos fundamentales para que pueda llevarse a cabo un proceso de aprendizaje es el diseño del material didáctico. Al decir *diseño*, se abarcan varios tipos de diseño según la modalidad de la educación: gráfico, instruccional, Web, de iconos, de infografía, de material impreso y de soportes digitales, entre otros. La importancia de que el diseño asista los fines educativos es innegable. El diseño, de nuevo en términos generales e incluyentes, es el que va a determinar que un estudiante acceda o no al material didáctico y, a la postre, es el responsable prioritario de que se lleve a cabo el aprendizaje.





La afirmación anterior no es una exageración, sino una reflexión resumida sobre el papel que juega el diseño en el proceso de aprendizaje. Un profesor diseña cuando estructura cómo presentar la información, procurando que se convierta en conocimiento, en lo que coloquialmente se conoce como “preparar clase”. En ese proceso está haciendo diseño instruccional, por ejemplo. Mucho más claro es cuando el docente elabora un material didáctico de tipo visual o auditivo, aunque éste no siempre se hace de manera eficaz, y muchas veces la propia presentación del docente en el aula puede no fomentar el aprendizaje. La preparación de ese material pasa por un proceso de diseño. Sería ideal que como parte de la capacitación docente se llevaran cursos de preparación de material didáctico en todos los niveles del diseño para que fuera asimilable por los alumnos; sin embargo, eso distraería al docente de su materia. Bajo esta premisa es que adquiere importancia la relación del docente con el diseñador preparado eficaz y concretamente en el diseño de materiales didácticos.

En el caso que nos ocupa, nos referiremos exclusivamente a los materiales diseñados para un soporte digital, que tradicionalmente se refiere a una computadora (ya sea de escritorio o portátil), pero que no excluye cualquier tipo de pantalla, incluyendo la de los dispositivos móviles. Cuando la pantalla es vista por un usuario, automáticamente se convierte en una interfaz, ya que permite el intercambio de información entre dos seres humanos. El diseño de la interfaz debe ser un facilitador que permita que el usuario realice sus actividades de manera sencilla y práctica. En la educación digital la interfaz es un dispositivo para el aprendizaje. “Un dispositivo implica [...] una sistematización deliberada de elementos y de condiciones de una acción, una construcción cognitiva funcional, práctica y encarnada” (Linard, 1998:1). La interfaz, en tanto mediación, es un dispositivo que permite la unificación de todos esos elementos. Los íconos gráficos puestos en una interfaz van a ser estímulos medios auxiliares, en términos de Vygotski, que permitirán que el alumno tenga un proceso cognitivo; la disposición y presentación de dichos estímulos es lo que va a procurar que el aprendizaje sea significativo. La historia del diseño de interfaces y sus elementos gráficos se encuentra en el apartado *Diseño de significaciones visuales digitales*.

Así, un dispositivo educativo visual digital es una interfaz construida con íconos gráficos diseñados para que funcionen como estímulos medios auxiliares y coadyuven a la mediación para la generación de conocimiento a partir de un contenido digital visual. Los dispositivos educativos visuales digitales están intrínsecamente asociados a la Educación Digital. Aun cuando los materiales didácticos digitales pueden ser consultados en clases presenciales, su uso primordial es a través de la modalidad de la educación a distancia.<sup>7</sup>

Actualmente, la mayoría de las universidades ofrecen esta modalidad (digital a distancia) para sus programas de educación continua, algunas de ellas ofrecen currículas completas de licenciatura o posgrado. También se ha desarrollado una red alterna al Internet, conocida como Internet 2, que pretende alojar contenidos principalmente para la educación a distancia y de servicios bibliotecarios digitales. Esta red surgió como alternativa a la saturación que sufre Internet debido a su carga comercial, es liderada por universidades, y su cometido es proporcionar un servicio de calidad que permita, a través de protocolos de comunicación mejorados (como el IPv6), la transmisión de contenidos de hipermedia especializados en la educación con fines de aprendizaje. En México, Internet 2 es coordinada por la Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, A. C., conocida por sus siglas CUDI. El desarrollo de esta red también permitirá transmitir contenidos de tipo televisivos con fines educativos.

---

<sup>7</sup> Para un panorama mejor sobre la historia de la Educación a Distancia se puede consultar el libro de mi autoría *Diseño e imagen digital de interfaz* publicado en 2014 por la UAEM.



---

El Internet 2 se basa en la evolución tecnológica del Internet, pero incorpora avances que le permiten mejor transporte de datos, velocidades de banda ancha que permiten la transmisión de contenidos hipermedia complejos, una calidad de servicio garantizada y una menor saturación. Dentro del desarrollo de las tecnologías avanzadas (Cabero, 1996), el Internet ha evolucionado rápidamente, tanto la capacidad del lenguaje nativo de la red (Hyper Text Markup Lenguaje), como la velocidad de transferencia de datos han dado un salto impresionante. Actualmente, la red es capaz de transmitir contenidos multimedia en segundos gracias al desarrollo de su capacidad de banda ancha por fibra óptica, pero también ha sido por el avance en el *hardware* que ha permitido máquinas más veloces y con mayor capacidad de almacenamiento de datos y tarjetas que permiten ver multimedia de alta calidad.

Esto le confiere a los diseñadores la posibilidad de desarrollar cursos por medios digitales con fines de aprendizaje. Con base en los resultados de mis previas investigaciones, podemos afirmar que los contenidos de un curso de educación a distancia digital debe contemplar el uso de contenidos multimedia,<sup>8</sup> que permiten al usuario interactuar con ellos de manera individual con respuesta personal. La interactividad es un elemento clave en el aprendizaje significativo, algo que se practica se aprende mucho mejor que algo que sólo se lee.

El aprendizaje por medios digitales tiene diversas posibilidades, desde las lecturas electrónicas, que son poco eficaces para el aprendizaje, hasta el uso adecuado de la hipermedia con contenidos complejos, como por ejemplo los simuladores. El aprendizaje digital tiene dos modalidades básicas: síncrona y asíncrona.

La educación a distancia síncrona es la que se lleva a cabo mediante dispositivos en línea, a través de programas administradores conocidos como LMS (*Learning Management System*), o CMS (*Content Management System, Course Management System*) en donde la comunicación se da en tiempo real, y tanto los alumnos como los docentes están en contacto, aunque geográficamente distantes. Este tipo de educación es recomendada para empresas o universidades que tienen Internet de banda ancha o Internet 2, pues los requerimientos técnicos son superiores a los de la educación asíncrona ya que el envío y recepción de información es en tiempo real entre los alumnos y el docente. Esta limitante técnica hace que este tipo de educación se presente en forma de lectura electrónica más que de forma multimedia, esto se debe a que el peso es menor y que la transferencia de datos cumple con el requerimiento del tiempo real que necesita la sincronía. Sin embargo, sería deseable que no sólo fuera lectura electrónica, sino que se logre la incorporación de elementos multimedia que permitan un mejor aprendizaje.

La educación a distancia es asíncrona por excelencia, a pesar de que el Internet ofrece la posibilidad de una capacitación a distancia síncrona, a través de la historia la asincronía ha sido referencia inminente en la educación a distancia. El término *asíncrona* proviene del griego *a* que es privativo, *syn* que significa *con* y *chronos*, que es *tiempo*. La educación a distancia asíncrona es la que se realiza en tiempos diferidos entre el docente y los alumnos, incluso en tiempos distintos a los otros estudiantes. Esto quiere decir que los contenidos del curso son revisados por los alumnos en el tiempo que ellos mismos opten por dedicarles, cuando mejor les convenga y a su propio ritmo, flexibilizando el proceso de aprendizaje. Así, en el caso del aprendizaje digital, su comunicación con el docente es a través de herramientas como el correo electrónico, las redes sociales, los foros o los blogs.

---

<sup>8</sup> Entendiendo como multimedia los contenidos que tienen imagen fija, imagen en movimiento y sonido, así como también interactividad (Compendio del curso Multimedia, 2002-2003).

Dentro de la modalidad asíncrona encontramos variantes tecnológicas. Puede ser el DVD o Blue Ray, para aprender a utilizar alguna aplicación que compra el alumno en la tienda de autoservicio; los audios o videos en línea que se complementan con libros de ejercicios o impresos; un CD-ROM (CBT o *computer based training*), con contenidos multimedia que van desde video a lectura electrónica; y también puede ser un curso en línea, con contenidos multimedia (WBT *Web based training*). Todos estos desarrollos están tecnológicamente determinados y requieren de una producción acorde al medio y al sujeto receptor. No requiere de un tiempo u horario específico para llevarse a cabo, el alumno puede consultar los materiales didácticos, lecturas y cursos cuando tenga tiempo, siempre que el dispositivo que utilice cubra con los requerimientos técnicos que deben ser especificados de antemano por el proveedor del curso. A diferencia de la síncrona, la modalidad asíncrona depende menos del ancho de banda y de la velocidad de la transmisión de información, es decir, que hay una flexibilidad en los requerimientos técnicos. Las diferencias técnicas se reflejarán en el tiempo que tome a la computadora o dispositivo bajar los contenidos al *hardware*.

Cuadro 1. Características del aprendizaje por medios digitales

<i>Síncrono</i>	<i>Asíncrono</i>
Separados físicamente	Separados físicamente
Unidos temporalmente	Separados temporalmente
Comunicación continua	Comunicación continua
Diálogo en tiempo real	Diálogo en tiempo diferido
Uso de chats	Uso de foros y correo electrónico
Aplicaciones compartidas	Hipermedia complejo y lecturas electrónicas
LMS / CMS	CBT / WBT
Tiempo real	Tiempo diferido
Ancho de banda	Conexión a Internet

Fuente: Elaboración de la autora (Noyola, 2014: 37)

Sea cual fuere la modalidad en la que se use el dispositivo educativo digital, todos los elementos gráficos o auditivos, incluso táctiles, llegan al cerebro a través de los sentidos y son interpretados según las funciones rudimentarias y superiores de cada sujeto, es decir, de sus experiencias y conocimientos previos, así como de su pensamiento y memoria. Al mismo tiempo, interfieren sus inteligencias y su formas de aprendizaje, teorías que se presentan en el capítulo *Neurofisiología y aprendizaje*. En la presente investigación nos referimos exclusivamente a la parte del diseño gráfico digital, sin embargo, este trabajo es el punto de partida para posteriores investigaciones que involucren variables más complejas que permitan aportar sobre el conocimiento del funcionamiento cerebral y mental.

Con base en lo planteado en este capítulo, y para comprender el cómo y el porqué las técnicas mencionadas pueden aportar datos importantes a la investigación, a continuación presentaré algunos conceptos que permitirán comprender mejor las técnicas clínicas y el funcionamiento fisiológico del cerebro, fundamental para una interpretación más asertiva de los resultados del proceso empírico de la investigación. Es importante la comprensión del comportamiento fisiológico del cerebro, su interrelación con los aparatos tecnológicos y el análisis de los datos que los segundos aportan del primero, para que en conjunto con las teorías cognitivas que se trabajan se pueda concluir acerca del papel del diseño en las significaciones educativas digitales.

---

---

## *El cerebro humano*

El cerebro humano está compuesto de células altamente especializadas llamadas neuronas, que funcionan a través de impulsos eléctricos que desatan reacciones físico-químicas. Esa misma naturaleza es la que permite que la tecnología médica actual aproveche los principios conocidos de la física, la química y la biología para obtener datos relevantes del funcionamiento cerebral, cuestión que, como se describió en el capítulo anterior, ha preocupado al ser humano de forma constante. En este capítulo se abordan los principios básicos de la física y la biología que, en su interacción con la tecnología, aportan datos sobre los procesos cerebrales que tienen lugar cuando se expone a un individuo a estímulos determinados, como también se describió en el capítulo anterior; en esta investigación se dirimirá exclusivamente sobre los estímulos visuales digitales conformados en una significación educativa digital. Esos procesos cerebrales derivan en procesos mentales, que modifican los conocimientos previos guardados en la memoria y que se pueden acceder a través de la evocación, y en general se pueden abordar con las teorías cognitivas que se abordan en el capítulo siguiente.

### *Conceptos físicos básicos*

Para entender cómo funciona el cerebro, se necesita comprender el funcionamiento de los estímulos nerviosos y cómo se generan. Así, hay que conocer conceptos básicos de física, que si bien pueden parecer abstractos, contextualizados con el cerebro proporcionan los elementos básicos para ello. Además, los mismos conceptos explican el cómo y el porqué funcionan diversas técnicas de análisis del cuerpo humano y nos permite determinar la técnica que mejores resultados ofrece para el análisis planteado en la presente investigación.

### *Campos eléctricos y corrientes*

Por más de 200 años, se ha sabido que en la naturaleza hay dos tipos básicos de cargas eléctricas designadas como positiva y negativa. Las unidades básicas de carga negativa se conocen como electrones, y las positivas como protones. Los protones se encuentran en el núcleo de los átomos y los electrones giran alrededor de ellos con una velocidad tal que actualmente se les define como nebulosa alrededor del núcleo atómico (Good, 1971).

La actividad que tienen las cargas genera alrededor de ellas un espacio de influencia que se conoce como *campo*. El campo eléctrico es generado por la presencia de carga eléctrica positiva o negativa. El campo magnético se genera únicamente si las cargas están en movimiento o por la presencia de un dipolo magnético. Cuando las cargas están en movimiento se genera una corriente. Es importante conocer las características específicas de los campos eléctricos y magnéticos para comprender el comportamiento de la materia viva y no viva.

La fuerza con la que las cargas se atraen o repelen según sea el caso, se denomina *fuerza electrostática*. Los átomos que conforman la materia tienen en su núcleo protones y cargas neutras o neutrones, y a su alrededor electrones.



La presencia de carga en un cuerpo puede medirse con un aparato llamado electroscopio a través de un fenómeno conocido como inducción. Una de las leyes más importantes de la física es la ley de conservación de la carga: “la cantidad total de carga eléctrica en un sistema aislado permanece constante”. Se entiende como sistema aislado aquel en el que están consideradas todas sus interacciones. El tipo de carga de los cuerpos determina su comportamiento con relación a otro cuerpo. La ley de Coulomb,<sup>9</sup> una de las más importante en electricidad, nos ayuda a determinar qué tipo de fuerza se genera de la interacción de dos cuerpos. Cuando las cargas son iguales (- - o + +) su resultado es una fuerza positiva, y se dice que es de *repulsión*; cuando las cargas son diferentes (- +) su resultado es una fuerza negativa y se dice que es de *atracción* (figura 1).<sup>10</sup> Este sencillo principio básico es lo que le da la capacidad a las técnicas de visualización del cerebro en actividad de registrar los acontecimientos cerebrales, ya que se producen fuerzas de atracción y repulsión que se reflejan en imagen.

### *Energía potencial electrostática*

La energía asociada a las cargas en reposo se conoce como *energía electrostática*.<sup>11</sup> Que un cuerpo tenga energía potencial quiere decir que en un momento determinado puede desarrollar un trabajo. El trabajo en física está dado por la fuerza que siente el cuerpo multiplicada por la distancia que recorre, cuando el trabajo se hace en contra de la fuerza, la energía potencial se incrementa y el trabajo es positivo y mayor que cero. Si el trabajo se hace a favor de la fuerza, entonces la energía potencial decrece y el trabajo es negativo. El *voltaje* se define a partir de la energía potencial, como la diferencia entre el potencial eléctrico entre dos puntos. El trabajo hecho por unidad de carga es el voltaje (Good, 1971).

### El campo eléctrico

El campo eléctrico es un vector, es decir, tiene magnitud, dirección y sentido, y se define como la fuerza por unidad de carga ( $q$ ) debida a una carga ( $Q$ ) y su unidad es N/C.<sup>12</sup> Los métodos clínicos de análisis de la actividad cerebral, como el EEG, por ejemplo, registran los cambios de este campo.

En física, los principios son más importantes que las leyes porque siempre se cumplen, no tienen excepción. Uno de los más importantes es el *principio de superposición*, que dice: la fuerza neta aplicada sobre una carga es igual a la suma de las fuerzas que se aplican sobre la carga, el campo eléctrico también cumple con el principio de superposición (Good, 1971; Marion, 1985).

### Líneas de fuerza y líneas de campo eléctrico

Las líneas de fuerza, y por lo tanto las de campo, van dirigidas en forma radial hacia o desde la carga que lo genera. Hacia ella cuando es negativa y desde ella cuando es positiva (figura 2). Cuando existen dos cargas las líneas se ven como en la figura 3.

<sup>9</sup> Ley de Coulomb:  $F_E = K (q_1 q_2 / r^2)$ . Donde  $K$  es una constante,  $q_1$  y  $q_2$  son las cargas de los dos objetos y  $r$  es su separación. La carga más pequeña que se conoce es la del electrón y tiene un valor de  $1.602 \times 10^{-19} \text{C}$ . Se determina experimentalmente que  $K$  tiene un valor de  $8.99 \times 10^9 \text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{C}^2$ .  $K$  es una constante universal, es decir, que tiene el mismo valor en cualquier lugar del universo. (Genesca, Piña, Ponce y Romero, 2007).

<sup>10</sup> Las figuras están basadas en las de Marion, 1985.

<sup>11</sup> El potencial electrostático ( $PE_E$ ) está dado por  $K (q_1 q_2 / r)$ .

<sup>12</sup> La fórmula para determinar el campo eléctrico es:  $E = F_E / q = K(Q/r^2)$ . Como el campo eléctrico es vector podemos decir que la fuerza eléctrica es igual a la carga eléctrica por el campo eléctrico:  $F_E = qE$ . (nota: las negritas indican vectores).



## Casos particulares

Los campos eléctricos tienen los siguientes casos particulares:

1. El campo eléctrico dentro de un conductor sólido o hueco es cero debido a que sus cargas se repelen y se dirigen a la zona más lejana posible, que es su superficie.<sup>13</sup>
2. El campo eléctrico entre dos placas paralelas uniformemente cargadas de igual área es uniforme.
3. Las líneas de campo eléctrico en la superficie de un conductor siempre son perpendiculares a la superficie.

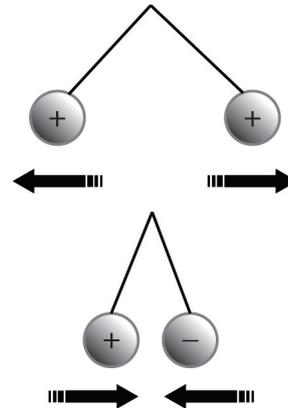


Figura 1. Cargas iguales se repelen; cargas opuestas se atraen.  
Fuente: elaboración propia

## Corriente eléctrica

Cuando hay movimiento de carga se genera una corriente. Si la carga no se mueve no hay corriente. Se habla de corriente eléctrica cuando son los electrones que constituyen los átomos del conductor los que se mueven. En ausencia de un campo aplicado, los electrones libres o electrones de conducción se mueven al azar, siendo el valor de la corriente eléctrica *cero*. Cuando se establece un campo eléctrico se crea una corriente de electrones que se mueven en una dirección específica. La dirección en la que los electrones fluyen en un campo eléctrico es opuesta a la dirección del campo, porque los electrones llevan una carga negativa.<sup>14</sup> Una resistencia eléctrica es algo que se opone al paso de la corriente y cumple con la ley de Ohm.<sup>15</sup>

La resistencia<sup>16</sup> puede ser fabricada, al contrario de la resistividad que es característica del material conductor o semiconductor utilizado. La resistencia depende también del tipo de material, de la temperatura,

<sup>13</sup> Esto es lo que sucede en el tubo de RMF.

<sup>14</sup> La corriente se define como:  $I = Q/t$  siendo que  $I$  es la corriente,  $Q$  la carga y  $t$  el tiempo que tarda en cruzar una superficie. La unidad de corriente es el Ampere (A) y es igual a un C por segundo.

<sup>15</sup> La ley de Ohm dice que:  $V = RI$  donde  $V$  es el voltaje,  $I$  la corriente y  $R$  es el valor de la resistencia.

<sup>16</sup> La resistencia esta dada por:  $R = r(L/A)$ , donde  $r$  es la resistividad,  $L$  es la longitud de la muestra y  $A$  es la superficie.

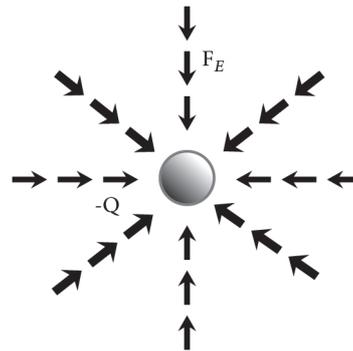


Figura 2. Mapa de la fuerza eléctrica del campo que rodea a la carga  $-Q$  considerando que la carga de la prueba es positiva.  
Fuente: elaboración propia

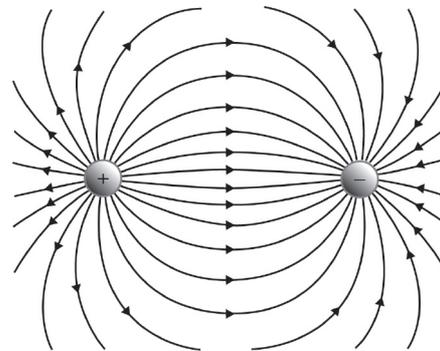


Figura 3. Las líneas del campo eléctrico se originan en la carga positiva y terminan en la carga negativa.  
Fuente: elaboración propia



de la medida y de la forma de la muestra. La resistividad no depende de estos factores, sólo depende del material. Las propiedades eléctricas de los materiales son a veces descritas en términos de una cantidad denominada *conductividad*, que es el inverso de la resistencia.<sup>17</sup>

### Potencia y energía

La potencia es la velocidad con la cual se hace un trabajo:  $P = W/t$ . La unidad de la potencia es el watt (W), siendo que  $1W = 1J/s$  (un watt es igual a un joule por segundo) y podemos escribirla como  $P = VI$  cuando hay un voltaje y una corriente determinadas (Marion, 1985).

### Electromagnetismo

La piedra imán se conoce hace más de dos mil años en la región de Magnesia. Es una piedra que se encuentra en la naturaleza y que atrae ciertos elementos. En ella se definen dos polos magnéticos, que no existen separados. Estos polos no pueden ser inducidos, a diferencia de las cargas electrostáticas. Se les llama Norte y Sur porque estas piedras se orientan según los polos terrestres. Son las partículas orientadas las que le confieren las propiedades de magneto (Marion, 1985).

De manera semejante a las cargas eléctricas, los polos iguales se repelen mientras que los opuestos se atraen. Las líneas de campo magnético se caracterizan porque son curvas cerradas que salen del polo N y entran al polo S (figura 4) y ocurren a cualquier escala del magneto, incluso cuando éste se rompe, pues se forman inmediatamente los dos polos al separarse las secciones (Good, 1971).

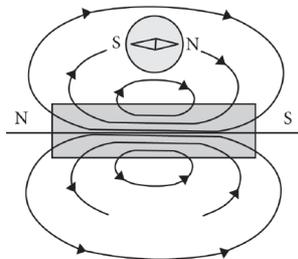


Figura 4. Líneas de campo magnético para una barra magnética simple.  
Fuente: elaboración propia

El simple hecho de que exista una corriente eléctrica en un cable, genera un campo magnético<sup>18</sup> alrededor de él. Así, un campo magnético puede generarse naturalmente o por medio de una corriente eléctrica. El campo magnético está simbolizado por **B**.

Una espira de corriente genera un campo magnético perpendicular al plano de la espira, de modo que muchas espiras colocadas alrededor de un material ferromagnético pueden aumentar la magnitud del campo magnético en miles o millones de veces dependiendo del número de espiras que se coloquen y de la corriente que pase por ellas, es así como se diseña un electromagneto o electroimán.

<sup>17</sup> La *conductividad* se denota por  $s$  y es el inverso de la resistencia:  $s = 1/r$ .

<sup>18</sup> La unidad de campo magnético es el gauss (G)





Los diferentes tipos de materia responden de manera distinta cuando hay un campo magnético aplicado. Experimentalmente se ha revelado que toda la materia se puede dividir en tres clases según su comportamiento magnético: materiales diamagnéticos, paramagnéticos y ferromagnéticos.

Los materiales diamagnéticos son sustancias como antimonio, bismuto, cobre o grafito que causan que las líneas de campos sean expeditas desde la región del material. Los paramagnéticos son sustancias como aluminio, vidrio, zinc, oxígeno líquido o caucho que causan que las líneas de campo se concentren entre ellos, de modo que el campo es mayor entre ellos que el campo al que están expuestos. Finalmente, los materiales ferromagnéticos son sustancias como fierro, cobalto, níquel y sus aleaciones que causan que las líneas del campo magnético entre ellos sean mucho mayores que el campo al que están expuestos.

### *Electromagnetismo Aplicado: efectos de la corriente eléctrica en el cuerpo humano*

Muchas funciones normales del cuerpo humano envuelven corrientes eléctricas. La actividad muscular, incluyendo la respiración y el latido del corazón, es controlada por corrientes eléctricas, y la información adquirida por los diversos elementos sensoriales en el cuerpo es transmitida al cerebro por corrientes eléctricas. Aunque las corrientes eléctricas son esenciales en el funcionamiento del cuerpo, las corrientes externas que fluyen a través del cuerpo pueden causar daños en órganos vitales o hasta la muerte (Fuller, 1978).

La magnitud de la corriente que fluye a través del cuerpo de una fuente externa está determinada por la ley de Ohm, y por lo tanto depende del voltaje aplicado y de la resistencia del cuerpo. Para DC (corriente directa) y voltajes de baja frecuencia la resistencia de la piel en el lugar de contacto es el factor principal que limita la corriente (a altas frecuencias la resistencia interna del cuerpo es más importante). Consecuentemente en la mayoría de las situaciones la cantidad de corriente que fluye en el cuerpo depende críticamente de la condición de la piel en el lugar de contacto.<sup>19</sup> Las partes más sensibles del cuerpo a las corrientes eléctricas son el cerebro, los músculos del pecho y los centros nerviosos que controlan la respiración y el corazón.

### *Ondas, sonido y radiación*

Las ondas electromagnéticas como las de luz y radio están en nuestro entorno todo el tiempo. Las ondas se clasifican generalmente en dos grupos: ondas mecánicas y ondas electromagnéticas. Las ondas mecánicas están caracterizadas por movimientos oscilatorios de partículas de material. Las ondas electromagnéticas se caracterizan por oscilaciones del campo electromagnético (Good, 1971).

La propagación de ondas mecánicas requiere de la presencia de materia mientras que las electromagnéticas pueden propagarse en el vacío. Las ondas pueden también clasificarse como transversales o longitudinales. La longitud de onda está dada por la distancia entre el número de ondas.

Es familiar el hecho de que la frecuencia del sonido de una sirena en movimiento cambia dramáticamente cuando pasa. Cuando la fuente de sonido se está acercando la frecuencia es más alta y cuando la fuente pasa

<sup>19</sup> En una piel seca se presenta una resistencia al paso de corriente de  $10^5$  W, mientras que para la piel mojada sólo alcanza 1500 W. Si calculamos la corriente para un voltaje de 120V, en el primer caso pasará una corriente de 1.2mA, mientras que en el segundo es de 80mA. La primera apenas se percibe, la segunda puede ser fatal



y se aleja de nosotros la frecuencia disminuye. La dependencia de la frecuencia de una perturbación ondulatoria del movimiento relativo de la fuente y el observador se llama efecto Doppler (Piña, 2000).

El principio de Huygens se conoce desde el siglo XVII. Huygens fue el primero en formular una teoría sobre la luz en su fenómeno ondulatorio. De acuerdo con su principio, la manera en la cual un frente de onda de forma arbitraria avanzará, está determinado como si cada punto del frente de onda fuera una nueva fuente de emisión de ondas circulares o esféricas si se considera en tres dimensiones. Si las nuevas fuentes llegan a una pared, las ondas que emergen de ella se suman y restan produciendo el fenómeno conocido como interferencia.

Cuando las ondas emitidas por las nuevas fuentes de luz, o cualquier tipo de onda, se suman se dice que es una interferencia positiva, cuando se restan se dice que es negativa.<sup>20</sup> Esto se conoce como superposición de ondas. Este efecto da origen a la mecánica cuántica que es la base para muchos de los métodos de análisis que se usan actualmente con el ser humano (Genesca, Piña, Ponce y Romero, 2007). La difracción es el fenómeno que sucede cuando en un plano dado se analiza el patrón de interferencia. En un patrón de difracción a través de una rejilla, podemos observar que hay varios máximos, el de mayor intensidad es llamado principal y el siguiente de orden uno, orden dos, orden tres y consecutivamente. Cada uno de ellos es de menor intensidad.

### Radiación electromagnética

Cuando tenemos una fuente con corriente alterna conectada a una antena (un alambre conductor que sale de ella) se produce una onda oscilatoria que tiene dos campos, uno eléctrico y otro magnético, perpendiculares entre sí que oscilan en una dirección perpendicular a la antena, describiendo cada uno una onda senoidal, entonces hablamos de campo electromagnético (Marion, 1985).

Las ondas electromagnéticas tienen cinco propiedades importantes (Marion, 1985; Piña Barba, 2000):

1. Los campos eléctrico (E) y magnético (B) son mutuamente perpendiculares en una onda plana.
2. La dirección de propagación de la onda electromagnética esta dada por la regla de la mano derecha, es decir, perpendicular a E y a B.
3. Las ondas electromagnéticas son ondas transversales.
4. La velocidad de propagación en el espacio vacío de ondas electromagnéticas es igual a  $c$  (velocidad de la luz,  $3 \times 10^8 \text{ m/s} = 300 \text{ mil kilómetros por segundo}$ ).
5. Las ondas electromagnéticas transportan energía y momento. El momento es una cantidad que se define como masa por velocidad y le confiere a la luz su comportamiento como partícula o comportamiento corpuscular. La partícula de la luz se conoce como fotón, que es un campo electromagnético.

La radiación electromagnética dependiendo de su frecuencia recibe diferentes nombres: radiación gamma, rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo, microondas, televisión, AM y FM o radio frecuencia.

<sup>20</sup> Para que la interferencia sea positiva se debe cumplir:  $Nl = D \sin q$ . Donde  $N$  es un número entero,  $l$  es la longitud de onda,  $D$  es la separación entre las nuevas fuentes de emisión y  $q$  es el ángulo que va desde el centro de dos de las fuentes hasta un punto  $P$  en una pantalla donde encontremos un máximo. Para que haya una interferencia destructiva hay que sumar a  $N$  un medio, puesto que a esta distancia se encuentra el valle de la onda.

---

---

## Células del organismo humano

El componente principal y unidad estructural y funcional de los seres vivos es la célula. La definición de célula proviene del latín *cellulae* que significa pequeño compartimiento o celda. Las células conforman todo tipo de tejidos: sanguíneo, muscular, nervioso. Un tejido es un conjunto de células de la misma naturaleza, diferenciadas de un modo determinado.

Además de ser la unidad esencial que tiene todo ser vivo, la célula es la estructura funcional fundamental de la materia viva según niveles de organización biológica, capaz de vivir independientemente como *entidad unicelular*, o bien formar parte de una organización mayor, como un *organismo pluricelular*.

La teoría celular es la base sobre la que se sustenta gran parte de la biología. Todos los seres vivos que forman parte de los reinos biológicos están formados por células, a excepción de los virus. La célula presenta dos modelos básicos: procarionte y eucarionte. Su organización general comprende: membrana plasmática, citoplasma y ADN (ácido desoxirribonucleico; contiene las instrucciones genéticas en todo ser vivo y es el responsable de la transmisión hereditaria).

Las *células procariotas* o *procariontes* son estructuralmente simples. Los primeros organismos de la faz de la Tierra fueron de tipo unicelular, es decir, procariotas. Estas células tienen un ADN cerrado circular, el cual se encuentra disperso en el citoplasma ausente de núcleo. La célula no tiene organelos —a excepción de ribosomas— ni estructuras especializadas. Como no poseen mitocondrias, los procariotas obtienen energía del medio mediante mesosomas o invaginaciones en la membrana. Sus mayores representantes son las bacterias.

Las células eucariotas o eucariontes son más complejas. Surgieron de las células procariontes. Son de mayor tamaño y su organización es más compleja, hay en ellas presencia de organelos, lo que les permite la especialización de funciones. El ADN está contenido en un núcleo permeable rodeado de membranas. A este grupo pertenecen los protozoos, los hongos, las plantas y los animales.

Las funciones de las células son: irritabilidad, conductividad, contractilidad, respiración, secreción, excreción, reproducción. A su vez, cada tejido tiene células diferenciadas. Las células que componen los diferentes tejidos del cuerpo humano son (Genesca, Piña, Ponce y Romero, 2007):

1. *Células del tejido epitelial*: se distribuyen en láminas continuas de células, proporcionan una cubierta protectora en todo el cuerpo; protegen contra daños mecánicos y microorganismos, contra la desecación; revisten a los órganos internos, regulan el movimiento de moléculas al interior, algunos segregan sustancias, y además muchos poseen terminaciones nerviosas para captar los estímulos exteriores.
2. *Células de tejidos conectivos*: sirven para unir a los órganos, darles apoyo y protección. Las células de este tipo se encuentran separadas unas de otras por material extracelular. Ejemplos de ellas son las que forman la sangre, tendones, ligamentos, los huesos y el tejido graso.
3. *Células del tejido muscular*: estas células se encargan de la contracción de los músculos que permiten al ser humano realizar movimientos, como correr, caminar, respirar, y hasta impulsar la sangre del corazón. Existen tres clases de músculos: liso, estriado y cardíaco.
4. *Células del tejido nervioso*: las células nerviosas o neuronas se encargan de recibir y transmitir impulsos nerviosos.



5. *Células del tejido sanguíneo*: se encargan de distribuir sustancias nutritivas y oxígeno a través del cuerpo. En este tejido existen diferentes tipos celulares, como los glóbulos rojos, los glóbulos blancos y las plaquetas.

Los tipos de tejido son: tejido epitelial, tejido conjuntivo, sangre, tejido óseo, tejido cartilaginoso, tejido muscular, tejido nervioso y tejido adiposo.

El tejido epitelial se conoce también como epitelio y es el tejido formado por una o varias capas de células que cubren las superficies internas del cuerpo, como son la de los pulmones, estómago, intestinos y la piel. Están clasificados según:

- a. La función:
  - i. Epitelio de revestimiento o pavimentoso: Es el que recubre externamente la piel o internamente los conductos y cavidades huecas del organismo, en el que las células epiteliales se disponen formando láminas.
  - ii. Epitelio glandular: Es el que forma las glándulas y tiene gran capacidad de producir sustancias.
- b. La forma de las células epiteliales:
  - i. Epitelios planos o escamosos: Formado por células planas, con mucho menos altura que anchura y un núcleo aplanado.
  - ii. Epitelios cúbicos: Formado por células cúbicas, con igual proporción en altura y anchura y un núcleo redondo.
  - iii. Epitelios prismáticos o cilíndricos: Formado por células columnares, con altura mucho mayor que la anchura y un núcleo ovoide.
- c. El número de capas de células que lo formen:
  - i. Epitelio simple.
  - ii. Epitelio estratificado.

Los epitelios revisten el cuerpo por fuera y por dentro. Tienen funciones muy especializadas de protección, absorción, secreción de sustancias y revestimiento. Sus células están unidas entre sí por una sustancia intercelular llamada “cemento”, que les sirve de refuerzo.

El tejido epitelial generador de tejidos produce, por mitosis, capas sucesivas de células. A él se debe la renovación continua de las células de la piel y de la base de las uñas. El tejido epitelial protector reviste la superficie del cuerpo, estómago, intestino, tráquea y faringe. Su función más importante es proteger de lesiones externas e impedir la entrada de gérmenes en el cuerpo.

El tejido epitelial glandular o secretor se encuentra formando las glándulas que producen moco, como en las fosas nasales o el estómago. Su función es producir secreciones y elaborar sustancias útiles.

El tejido epitelial sensorial forma parte esencial de los órganos de los sentidos. Su función consiste en recoger los estímulos o impresiones del exterior. Este tipo de tejido es el que permite la sensación de estímulos que después se interpretan en el cerebro dando paso a percepción.

El tejido conjuntivo está especializado en conectar los diferentes órganos del cuerpo y dar soporte al resto de los tejidos. En esta forma, el tejido conjuntivo se separa en varios subgrupos: tejido laxo ordinario; tejido fibroso; tejido adiposo; tejido cartilaginoso y tejido óseo.



---

---

## Tejido nervioso

El tejido nervioso está distribuido por todo el organismo formando una red de comunicaciones que constituyen el sistema nervioso. A su vez, el sistema nervioso se divide en central y periférico. Sin embargo, también ha sido clasificado como sistema nervioso cerebroespinal y autónomo, sistema nervioso de la vida de relación y de la vida vegetativa, sistema simpático y parasimpático, y otras que dan referencia de lo complejo que ha sido su estudio (Poirier, 2004).

El Sistema Nervioso Central consiste en encéfalo, cerebro, diencefalo, tronco encefálico y médula espinal. El sistema nervioso periférico se forma por doce pares de nervios craneales, treinta y un pares de nervios espinales o raquídeos y las ramificaciones de éstos a la periferia. El cerebro consta de una región profunda y de dos hemisferios ubicados por encima y recubriendo la parte superior del tronco cerebral. Los hemisferios a su vez están conformados por un núcleo gris profundo rodeado por una masa blanca. La sustancia gris la forman las regiones del sistema nervioso central en las que se encuentran los cuerpos celulares de las neuronas, y es aquí donde las sinapsis se llevan a cabo. La sustancia blanca es las regiones del sistema nervioso central en las que se reúnen en haces las fibras nerviosas mielinizadas. En la superficie de los hemisferios se encuentra la corteza cerebral.

El tejido nervioso tiene dos componentes principales (Poirier, 2004):

1. Las neuronas.
2. Diversos tipos de células de la glía o neuroglía: Astroglía, Oligodendroglía, Microglía, y Células de Schwann.

Según el número y la distribución de sus prolongaciones, las neuronas se clasifican en:

1. *Bipolares*, que además del axón tienen sólo una dendrita; se las encuentra asociadas a receptores en la retina y en la mucosa olfatoria.
2. *Pseudo-unipolares*, desde las que nace sólo una prolongación que se bifurca y se comporta funcionalmente como un axón, salvo en sus extremos ramificados en que la rama periférica recibe señales y funcionan como dendritas y transmiten el impulso sin que éste pase por el soma neuronal; es el caso de las neuronas sensitivas espinales.
3. *Multipolares*, a partir de las cuales nacen, además del axón, de dos a más de mil dendritas, lo que les permite recibir terminales axónicas desde múltiples neuronas distintas. La mayoría de las neuronas son de este tipo. Un caso extremo lo constituye la célula de Purkinje que recibe más de 200.000 terminales nerviosas.

### Neuroanatomía funcional

La actividad del cerebro puede ser ampliamente descrita. Actualmente, es una parte de la anatomía que está siendo analizada y estudiada. Los procesos que se llevan a cabo a nivel cerebral involucran a la física, la biología y la química. Para fines de la presente investigación, la descripción de los procesos del cerebro se plantea de forma general. Es relevante comprender cómo funciona el cerebro y cómo se generan los campos magnéticos y eléctricos que pueden ser medidos, para interpretar los resultados del estudio empírico. A continuación se explican de manera general los procesos cerebrales.



Los principales bloques de construcción del cerebro son las neuronas y las células gliales, siendo las últimas más abundantes. Las glías son importantes para los soportes estructurales, para el mantenimiento de concentraciones apropiadas de iones, y para el transporte de los nutrientes y otras sustancias entre las capilaridades de los vasos sanguíneos y el tejido cerebral. Las neuronas son las unidades de procesamiento de la información (Poirier, 2004).

Cuando una neurona dispara una señal, envía un cambio transitorio en la polarización eléctrica de su membrana a lo largo de sus axones, que viaja por las diversas ramificaciones axonales. En contactos especiales con sus células contiguas: las sinapsis, la neurona secretará un neurotransmisor que viajará a través de la hendidura sináptica de 50 nm de ancho, a las neuronas vecinas. El neurotransmisor entonces cambia las propiedades de la membrana de la célula postsináptica, abriendo los canales de iones a través de la membrana celular, causando cambios lentos en el potencial de la membrana, y en consecuencia, en el flujo de corriente extra e intracelular. Los potenciales postsinápticos (PSP) se presentan desde la salida neta de carga negativa (excitador: EPSP) o positiva (inhibidor: Previsión) en el espacio extracelular. Estos iones se bombearán activamente de regreso a lo largo de la dendrita y el soma, o pasivamente difuso a través de la membrana de la neurona, o a través de las células gliales adyacentes. Las corrientes extracelulares que resultan de muchos PSPs también crean variaciones medibles de los potenciales del cuero cabelludo, con lo que se produce la EEG (Rosenblueth, 2004).

Cuando los iones son bombeados de regreso a través de la membrana de la célula en varios puntos a lo largo de la dendrita y del soma, la corriente que va desde la dendrita al soma cierra el bucle. La corriente intracelular genera un campo magnético. Cuando diez mil de estas corrientes postsinápticas están activas de forma sincronizada, el flujo magnético se vuelve medible como una respuesta evocada magnéticamente. Un estímulo externo generalmente crea una respuesta magnética de una magnitud que sugiere que se han sincronizado en la corteza cerebral aproximadamente un millón de sinapsis (Rosenblueth, 2004). Estas conexiones neuronales son las que generan que las funciones superiores se lleven a cabo, a partir de ellas es que se da el aprendizaje. Muchos estudios realizados demuestran que se presentan problemas cognitivos cuando no se llevan a cabo adecuadamente las sinapsis. Un cerebro dañado que no realiza sinapsis presenta problemas como la afasia; un cerebro dañado que realiza sinapsis sin control puede presentar problemas como la epilepsia. Las neuronas que realizan sinapsis de manera normal<sup>21</sup> generan conocimiento y modifican la estructura cognitiva del sujeto al someterlo a experiencias cotidianas. Cuando la modificación de la estructura cognitiva es permanente y se refleja en cambios de personalidad, podemos hablar de aprendizaje significativo según Ausubel.<sup>22</sup>

La transmembra iónica y el desplazamiento de corrientes contribuye muy poco al campo magnético extracraneal porque son simétricos radialmente alrededor de los procesos neuronales. En principio, el volumen de las corrientes extracelulares puede contribuir a la actividad magnética, pero generalmente esta contribución es insignificante cuando sólo es medido el campo magnético normal a la superficie de la cabeza. Si el medio conductor en el que las neuronas están incrustadas es de dimensiones infinitas y conductividad uniforme, las corrientes extracelulares son simétricas de manera que el campo magnético generado por cada patrón de corriente es cancelado por el campo magnético generado por otros elementos de la corriente extracelular (Poirier, 2004).

<sup>21</sup> Entendiendo la normalidad como la ausencia de daño cerebral, pero no como la absoluta homogeneidad, puesto que, como se plantea en el transcurso de la investigación, un sujeto se determina multifactorialmente.

<sup>22</sup> Cabe recordar que el aprendizaje no necesariamente implica procesos de educación formal.





Debido a que las neuronas están incrustadas en un medio con un patrón de conductividad más complejo, los efectos del límite distorsionan el patrón de la corriente extracelular apartándolo de su simetría. Una conductividad eléctrica más alta en una región causará un incremento en la densidad de la corriente paralela al límite en la región de menor conductividad. Las fuentes secundarias se alinearán perpendicularmente a la conductividad del límite, con su campo magnético tangencial a él. Así pues, si sólo son medidas las fuentes perpendiculares al límite de la superficie (por ejemplo la superficie de la cabeza), las fuentes secundarias no tendrán contribución alguna. Esto quiere decir que el componente normal (axial) de las señales neuromagnéticas mayoritariamente reflejan el flujo de corrientes intracelulares que fluyen en los árboles de las dendritas hacia el soma. Los aparatos que miden MEG miden únicamente estas señales (Andrä, 2002).

Cerca de  $10^{11}$  neuronas del cerebro humano están involucradas en la transmisión y procesamiento de información. EEG (campo eléctrico) y MEG (campo magnético) arrojan resultados de la actividad total sumada de miles de neuronas. La actividad sincrona de este enorme número de neuronas es común en la corteza cerebral, donde más de  $10^5$  células piramidales puede ser encontradas por  $\text{mm}^2$ , y en áreas entre el orden de 1-5  $\text{mm}^2$  son activadas por un simple estímulo (Andrä, 2002).

### *Técnicas de análisis del cuerpo humano*

La inquietud que despierta el conocimiento sobre el cuerpo humano y su funcionamiento es tan antigua como el hombre. A lo largo de la historia del ser humano se han desarrollado técnicas de análisis del cuerpo humano intrínsecamente relacionadas con el estadio de la sociedad y su nivel cultural y religioso.

Las técnicas modernas de análisis del cuerpo humano están vinculadas al desarrollo de la ciencia desde el siglo XIX. El descubrimiento de los rayos X por Wilhelm Conrad Röntgen en 1895 fue el punto de partida para una nueva visión del cuerpo humano y para una incansable búsqueda de técnicas y tecnologías que permitan analizar con mayor precisión al cuerpo humano. Este afán tiene una añeja doble lectura: por un lado se pretende entender el funcionamiento del cuerpo humano y, por otro, curarlo (Fuller, 1978).

Los avances en el conocimiento de los campos magnéticos y eléctricos han permitido el desarrollo de dichas técnicas y tecnologías. Los efectos del magnetismo han sido observados por miles de años, pero, como anteriormente se menciona en este capítulo, no es sino hace unos 200 años que se conoce la naturaleza de las cargas que lo componen. Ese avance en la ciencia es el que sentó las bases necesarias para el avance de las técnicas modernas de análisis del cuerpo humano, y fue el punto de partida para la instrumentación médica que hoy en día se utiliza para observar el cuerpo “por dentro” (Piña, 2000).

Muchas de las técnicas que se utilizan hoy en día para el análisis del cuerpo humano implican el uso de sustancias reactivas de contraste que deben ser ingeridas. El proceso permite ver y analizar el comportamiento del reactivo en el cuerpo y a partir de ahí discernir el diagnóstico médico. Sin embargo, estos medios de contraste suelen ser incómodos para el paciente y pueden provocar reacciones secundarias adversas. El uso de magnetos en el análisis del cuerpo humano permite utilizar técnicas libres de medios de contraste que resultan en ese sentido cómodas para el paciente y suelen no ser invasivas. De cualquier manera, tienen el inconveniente por depender de magnetos de extrema potencia que implican aparatos enormes donde el cuerpo humano es introducido para su análisis. Este tipo de proceso puede generar angustia y claustrofobia en algunos pacientes, haciendo necesario el uso de calmantes durante el tiempo del estudio médico para que el paciente





no se mueva. En el caso de la resonancia magnética, la duración promedio de los estudios es aproximadamente de unos cuarenta y cinco minutos.

Las técnicas que utilizan magnetos miden el campo magnético que genera el cuerpo humano vivo y se conocen como *técnicas de medición biomagnética*. A estos campos magnéticos se les denomina *biomagnetismo* o *campos biomagnéticos* y se generan dentro del cuerpo humano vivo a partir de la actividad eléctrica causada por el movimiento de iones dentro, fuera y a través de las membranas celulares. Estos movimientos de partículas eléctricamente cargadas —corriente eléctrica natural—, generan campos biomagnéticos medibles desde el exterior del cuerpo (Andrä, 2002: 87), como sucede en la magnetoencefalografía y en la resonancia magnética funcional.

Las técnicas de medición biomagnéticas son completamente no invasivas y libres de contacto, por lo que no tienen ninguna influencia en el sujeto. Son útiles para información sobre la distribución de los campos biomagnéticos en espacio y tiempo. Los campos biomagnéticos son débiles, por lo que se requiere de detectores de campos magnéticos extremadamente sensibles —como anteriormente se mencionó— y de reducir los disturbios ambientales (Andrä, 2002: 87).

La presente investigación se abocará a los procesos cerebrales, por lo que las técnicas biomagnéticas deben estar dirigidas a distinguir la actividad cerebral, cuyo campo biomagnético es el más débil de todos los campos biomagnéticos humanos (Andrä, 2002: 89). La magnetoencefalografía es la mejor técnica con la que contamos actualmente para estudiar el cerebro y medir estos campos biomagnéticos, como dice Andrä, (2002: 190):

La medición de la función del cerebro con la mayor precisión posible en su fluctuación en el tiempo y el espacio en diferentes escalas constituye la entrada para la comprensión del funcionamiento del cerebro en un enfoque holístico, sistémico. Cuando los patrones que activan al cerebro tienen simples configuraciones espaciales, la magnetoencefalografía permite la descripción macroscópica de las fuentes neuronales activas con una alta resolución temporal espacial y casi arbitraria. Ningún otro método disponible actualmente provee información parecida.

La definición de Andrä nos permite definir la técnica de aplicación en la que se basarán las conclusiones de esta investigación. Cabe aclarar se sustenta en el análisis de trabajo de campo basado en esta técnica, y no en la aplicación de la misma.

### La magnetoencefalografía (MEG)

El resultado de los procesos neuronales son señales biomagnéticas que provienen de una corriente intracelular con una densidad de corriente relativamente alta. La parte excitada de las terminaciones nerviosas representa una fuente local de corriente. Esta corriente entra a través de la membrana celular de forma que el circuito se puede cerrar sobre el conductor volumétrico. Al respecto, Andrä dice (2002:190-191):

Los potenciales bioeléctricos que se originan de las corrientes volumétricas, como el electroencefalograma (EEG) y el potencial evocado o potenciales de relación-evento (EP, ERP), se integraron en el diagnóstico clínico hace décadas y además, se han convertido en un parámetro fundamental de investigación en la neurociencia cognitiva y de comportamiento. El EEG se refiere al voltaje derivado de dos electrodos adheridos a la superficie del cuero cabelludo, mientras que el Electroencefalograma (ECoG) mide las fluctuaciones de voltaje en la su-



---

perficie del cerebro, utilizando electrodos intracraneales. [...] el hecho de que la corriente que pasa a través del cuerpo, no sólo recuerda una distribución de potencial eléctrico en la superficie del cuerpo, sino que también provoca una medición de campo magnético. Análoga a los potenciales eléctricos, estos homólogos magnéticos se encuentran en las mediciones del Magnetoencefalograma (MEG), y campos magnéticos de evocación o campos magnéticos de relación-evento (EF, ERF).

El potencial de la MEG para estudios de cognición humana fue delineado por Risto Näätäen en 1994 (Andrä, 2002: 190; Cognitive, 2006). Una de las ventajas de las técnicas biomagnéticas es el hecho de que los componentes del campo magnético verticales a la superficie del cuerpo provienen primordialmente de la corriente eléctrica *intracelular*, mientras que la distribución del potencial eléctrico es conducida a la superficie por el *volumen de corriente* y, por tanto, se le puede medir a distancias considerables de la fuente.

Las corrientes que fluyen de manera perpendicular a la cabeza emiten campos magnéticos relativamente débiles fuera del cuerpo, son *magnéticamente silenciosos*. Aun así, crean un pronunciado potencial eléctrico que es medido en la superficie. En comparación con otros métodos de imagen, la MEG ofrece una resolución espacial valiosa y posee una resolución temporal mucho más alta, de manera que es posible dar seguimiento a aspectos de procesos funcionales en tiempo real. Otra ventaja es que se puede rastrear la ubicación de la fuente neuronal aun si la actividad a localizar no se acompaña de un fenómeno secundario como el cambio del fluido sanguíneo regional o de la actividad metabólica como se requiere en la RMF (resonancia magnética funcional) o en el PET y el SPECT (Andrä, 2002: 192; Maestú, 1999: 1086-1088). Es decir, que para el análisis de las actividades cognitivas del cerebro la técnica más apropiada es la magnetoencefalografía, que a diferencia de la RMF, por ejemplo, funciona con base en el magnetismo que genera el cerebro en funcionamiento, permitiendo visualizar en tiempo real y en ubicación real (espacio cerebral) la actividad que se esta llevando a cabo. La diferencia entre una y otra técnica es que en la magnetoencefalografía se utiliza el biomagnetismo cerebral, mientras que en la RMF se somete al cuerpo humano a un campo magnético externo que permite visualizar cambios en algunos flujos orgánicos del cuerpo, pero que no representa la actividad cerebral tan fielmente como la magnetoencefalografía. Las técnicas como el PET y el SPECT requieren administrar medios de contraste radioactivos, por lo que la cantidad de veces a las que se puede someter un paciente a estos estudios a lo largo de su vida es limitada y además sus consecuencias son acumulativas (Maestú, 1999: 1086-1088).

Existe una serie de requerimientos para que se pueda llevar a cabo de manera adecuada el uso de la MEG. Éstos están directamente relacionados con la medición del campo biomagnético. El primero es que con el fin de facilitar la superconducción, los detectores deben estar encerrados en un cilindro casi del tamaño de un hombre y lleno de helio y cuya forma permita cubrir enteramente el neurocráneo. El segundo requerimiento tiene que ver con la sensibilidad para captar un campo biomagnético tan débil, pues si no están los sensores protegidos del disturbio ambiental se detectan los campos magnéticos más fuertes.

Las representaciones corticales de la percepción sensorial se relaciona de manera determinada con el arreglo espacial de los receptores en la periferia. Los mapas corticales del espacio visual, la superficie del cuerpo o la frecuencia del tono (la zona coclear), pueden determinarse individualmente por medio de imágenes de fuente magnética. De igual manera, es posible generar un mapa de la organización motórica a lo largo del surco y posiblemente también en otras áreas del lóbulo frontal.

Según André (2002: 229), en comparación con otras modalidades, se ha hecho poco trabajo sobre estimulación visual. Salmelin, en 1994, hace una aproximación significativa demostrando como diseccionar la acti-



vación relacionada con la visión, el lenguaje y la visualización. Ese trabajo demuestra que durante la conversión de lo visual a la representación simbólica, la actividad progresa bilateralmente desde la corteza visual occipital hacia los lóbulos temporal y frontal.

### Historia y relación de la magnetoencefalografía con otros métodos no invasivos para el estudio de la función cerebral

Durante el siglo XIX se dieron aportes significativos a la ciencia. Estos aportes en diversas ramas científicas permitieron el desarrollo del conocimiento en varios niveles, entre los que se encuentran las técnicas y tecnologías que permitieron explorar el cuerpo humano. Con el descubrimiento de los rayos X por Röntgen (1895) fueron posibles las imágenes del interior del cuerpo no invasivas por primera vez. Posteriormente, utilizando medios de contraste, se pudo observar el comportamiento de otros sistemas orgánicos además de los huesos. En la actualidad, los resultados visuales de los estudios pueden reconstruirse por computadora para generar imágenes tridimensionales, como es el caso de la tomografía asistida por computadora (CAT). Otros estudios que tienen como base a los rayos X son los que utilizan sustancias radiactivas inhaladas o inyectadas (como la PET o la SPECT) y que permiten obtener imágenes de las secciones de órganos que son resultado de la resonancia magnética de protones (tomografía de resonancia magnética), por ejemplo.

Asimismo, las observaciones de Galvani hechas desde la primera mitad del siglo XIX, demuestran que la actividad eléctrica sirve como base de la actividad nerviosa y muscular. En la década de 1870 el fisiólogo Richard Caton, de Liverpool, descubrió que *“débiles corrientes de diverso grado pasan por el multiplicador cuando los electrodos se colocan en dos puntos de la superficie exterior, o un electrodo en la materia gris y uno en la superficie del Cráneo”* (Andrá, 2002:194). Caton también observó respuestas evocadas por estímulos externos, lo que le llevó a la siguiente conclusión: *“Cuando cualquier parte de la materia gris se encuentra en un estado de actividad funcional, su voltaje suele exhibir variaciones negativas”*.

El psiquiatra Hans Berger, en 1929, describió por primera vez las grabaciones eléctricas del cuero cabelludo humano, que bautizó con el nombre de electroencefalograma (EEG). Aunque se suponía que ya en este momento las corrientes eléctricas también generaban campos magnéticos, no hubo una técnica de medición hasta cuarenta años más tarde.

En 1963, Baule y McFee midieron el *magnetocardiograma* (MCG) por primera vez, demostrando así que es posible registrar la actividad magnética generada en el cuerpo. Las primeras mediciones de los campos magnéticos cerebrales fueron reportadas por David Cohen en 1968, en el Instituto de Tecnología de Massachusetts, donde se construyó en 1967 la primera habitación protegida magnéticamente. Una parte considerable de los primeros trabajos sobre la magnetoencefalografía (MEG) fue realizada por Samuel Williamson y Loyd Kaufman en la Universidad de Nueva York. En la década de los setenta, se descubrieron la mayoría de los diferentes tipos de señales biomagnéticas. Recientemente, ha habido un incremento sustancial en el número de laboratorios que investigan actividad cerebral neuromagnética.

Las técnicas para generar imágenes del cerebro pueden ser divididas en métodos no invasivos para el estudio de la función cerebral, y aquellas que estudian la estructura del cerebro. La primera aporta información sobre la activación del cerebro en tiempo y espacio. A continuación se presenta un lista de las técnicas referidas con las siglas por las que se les conoce en el argot médico (Andrá, 2002: 245):



Métodos para imagen estructural:

- Rayos X y tomografía computarizada (CT, o CAT para Tomografía asistida por computadora)
- Tomografía de Resonancia Magnética (MRT)

Métodos para imagen funcional:

- Tomografía de Resonancia Magnética Funcional (fMRT), que mide los cambios en los parámetros del flujo sanguíneo, en particular alteraciones regionales de la oxigenación de la sangre (BOLD).
  - Tomografía de Emisiones de Positrones (PET), mide regiones de flujo sanguíneo cerebral (rCBF) o niveles metabólicos (por ejemplo glucosa), siguiendo la trayectoria de los positrones a través de rayos  $\gamma$  que resultan de esa trayectoria. La sustancia radioactiva es inyectada o inhalada.
  - Tomografía por Computadora de la Emisión de una Sólo Fotón (SPECT) que mide las alteraciones regionales del flujo de sangre cerebral mediante el escaneo de rayos  $\gamma$  emitidos por un Xenón radiactivo inhalado por el sujeto.
  - Espectroscopía óptica no invasiva.
  - MEG y EEG basadas en la localización de la fuente; MSI (localización MEG en combinación con MRT).
- Incluso cuando las aproximaciones teóricas sugieran que los métodos MEG y EEG reportan procesos fisiológicos similares, sus señales proveen información diferente en mediciones reales, es por eso que idealmente, si se combinan, se obtendrá la mayor información posible.

### *El ojo: impulsos eléctricos, el cerebro y la interpretación mental*

Al cerebro llegan impulsos eléctricos provenientes de todo el cuerpo. Ahí se procesan generando la percepción. El cerebro percibe imágenes del exterior mediante un proceso regido por la fisonomía del ojo en el que intervienen los códigos eléctricos de la luz en su comportamiento dual de onda-partícula interactuando con la materia. El comportamiento de onda le permite a la luz viajar en el espacio, y el de partícula hace que choque con los objetos (materia) y se refleje parte de ellos. La luz viaja en movimientos ondulatorios a distintas velocidades, es decir, que las crestas y valles de las ondas están a diferentes distancias. La luz, en su comportamiento ondulatorio, responde a las leyes físicas expuestas para las ondas al inicio de este capítulo.

La radiación energética tiene frecuencias que van desde un nanómetro hasta mil kilómetros. Estas radiaciones energéticas se diferencian sólo en la longitud de sus ondas (Küppers, 2003-2004). La radiación que se encuentra entre los 400 y los 700 nanómetros es la que el ojo humano puede percibir y se le conoce como *espectro visible*. La luz interacciona como partícula con la materia, refractándose, es decir, separándose, siendo parte absorbida por la materia y parte reflejada. Las ondas reflejadas son las que llegan al ojo para ser interpretadas como el color.

Las ondas de luz que producen sensaciones de color rojo son ondas de longitud corta, las ondas de longitud media producen sensaciones verdes, y las ondas de longitud larga producen la sensación del color azul. Las ondas de longitud corta generan calor, y su sensación de color en diseño es conocido como colores cálidos; a la inversa, las ondas de longitud larga no producen calor, y los colores resultantes son conocidos como colores fríos. Para que la luz se pueda refractar y producir la sensación de color cuando es recogida por el órgano de la vista necesita chocar con una superficie material, si no existe una materia, no se produce la refracción.

El ojo recoge los rayos de luz que se refractan de la materia e inciden en él, y los enfoca en la retina, la cual manda impulsos eléctricos al cerebro para que al ser interpretados se dé la percepción de color, forma, tamaño y otras características físicas de los objetos. La materia está constituida por conjuntos de átomos que llamamos moléculas. Depende de la estructura molecular el poder de absorción de una parte de la luz. El resto que no es absorbido por la materia es reflejado, y cuando llega al ojo se convierte en estímulo, el cual es interpretado por el cerebro y la mente y convertido en conocimiento (véase el capítulo *Neurofisiología y aprendizaje*).

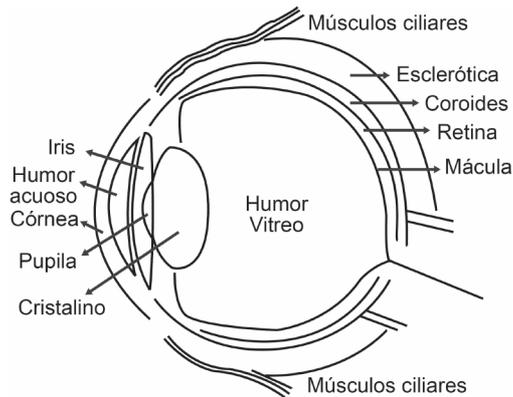


Figura 5. Esquema del ojo  
Fuente: Elaboración propia a partir del esquema de Marroquín Gómez

Inicialmente, la luz entra a través de la córnea que actúa como una lente convexa. Detrás de la córnea se encuentra el iris, un músculo que se contrae y se dilata según la cantidad de luz exterior de manera inversamente proporcional al tamaño de la pupila, que en realidad es un agujero en el centro del iris que permite el paso de la luz hacia el interior del ojo. La pupila deja pasar la luz hacia el cristalino, cuya forma es controlada por los músculos ciliares para enfocar la luz de la retina. Ésta es fotosensible y cubre alrededor de 65% de la superficie interna del ojo. En la retina, las células fotosensibles convierten la energía lumínica en señales (código eléctrico) llevadas al cerebro por el nervio óptico (Mueller, 1980:84).

En el momento en que el código eléctrico llega al cerebro se produce la sensación de color. Por cada punto en la retina se produce un código específico que lleva su correspondiente sensación de color. Cada punto de la retina corre una fuerza continua de datos hacia el cerebro formando las imágenes multicolores que vemos. En la retina existen células visuales llamadas conos y bastones. Cada célula recoge *cuantos*, es decir, partículas de luz, y las codifica para mandarlas al cerebro, donde se hace la interpretación. Existen tres tipos de conos que forman un código eléctrico fisiológico que está compuesto de sus partes correspondientes. Unos conos son sensibles a las ondas cortas, otros a las medias y los últimos a las largas, que combinadas provocan una sensación de color específica. Las ondas cortas son las responsables de la sensación de color rojo, las medias producen sensaciones verdes y las largas sensa-



---

ciones azules, RGB por sus siglas en inglés y RVA en español. Este código es producido después de los procesos de corrección y adaptación del órgano visual (Küppers, 2003-2004) (véase el apartado *El diseño visto por el ojo*).

Así, los impulsos eléctricos, resultado de la estimulación de las células del ojo, viajan al cerebro a través del proceso descrito anteriormente. En el cerebro generan actividad que produce un campo biomagnético que puede ser medible a través de la MEG. Cada tipo de código eléctrico produce una sensación de color, sin embargo, también produce otro tipo de sensaciones que se relacionan con las funciones rudimentarias y superiores del sujeto que recibe, percibe e interpreta los códigos eléctricos. La neurofisiología es la disciplina que ha podido visualizar esos códigos, que se interpretan en el cerebro a través de técnicas médicas que antes se describieron. Una de las inquietudes que existe sobre los procesos mentales que involucran el aprendizaje es precisamente en qué parte del cerebro se almacena la información, cómo es que se accede y se utiliza, así como si es verdad y física la estructura del cerebro tal y como lo concibieron las metáforas psicológicas. En el siguiente capítulo se aborda la interrelación de la neurofisiología y el aprendizaje, punto clave en la investigación, que permitirá concluir sobre el papel del diseño formal de las significaciones educativas digitales en los procesos mentales en general y en el aprendizaje en particular.



---

---

## *Neurofisiología y aprendizaje*

Cada vez se pone más en evidencia con base en estudios científicos la relación entre la neurofisiología y el aprendizaje. Aunque es una relación evidente, no es sino hasta las últimas dos o tres décadas que se han llevado a cabo investigaciones que relacionan de manera determinante a la función cerebral con la función mental y el aprendizaje. Asimismo, es hasta que el ser humano desarrolló técnicas médicas adecuadas con base en años de estudios de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que se pudo observar la actividad cerebral y comenzó a desentrañarse la actividad neurofísica. Desde el surgimiento de la psicología y de la psicopedagogía, que fue mucho antes, se tuvo la inquietud de entender y comprender cómo se relacionaba el cerebro con el aprendizaje, es decir, cómo es que el cerebro lograba interpretar esos códigos eléctricos que le llegaban a través de los sentidos. Teóricos como Lev. S. Vygotski, Luria y Piaget aportaron a la comprensión del aprendizaje y, por consecuencia, del funcionamiento mental. Cuando la tecnología permitió ver cómo es que el cerebro funcionaba (como se dijo anteriormente) y cómo ese funcionamiento se reflejaba en la mente del individuo, la investigación sobre la relación entre la neurofisiología y el aprendizaje, es decir, entre la función cerebral y las funciones superiores en términos de Vygotski, toma —o retoma— un nuevo rumbo.

Existen diversas teorías de generación del conocimiento que pueden aplicarse para interpretar el funcionamiento cerebral con respecto al desarrollo de las funciones superiores y la modificación de la estructura cognitiva. Incluso, ya se puede afirmar que el aprendizaje modifica físicamente el cerebro, organizando y reorganizando las conexiones neuronales (Salas, 2003), lo que confirma la aseveración de Vygotski de que el aprendizaje hace posible el desarrollo.

Aun cuando hay numerosos teóricos del aprendizaje y de la neurofisiología, la presente investigación se basa principalmente en la teoría de la Gestión Mental de Antoine de La Garanderie, en los aportes teóricos de Vygotski, de Howard Gardner con su teoría de las Inteligencias Múltiples, las reflexiones de Arturo Rosenblueth sobre la mente y el cerebro y la teoría de la asimilación de Ausubel. Cabe mencionar, nuevamente, que los términos de las teorías psicopedagógicas proporcionan conceptos semánticos adecuados para la disertación de esta investigación, pero que por características físicas reales del cerebro y su funcionamiento, la estructura cognitiva es una metáfora de los conocimientos previos que están a alcance de las funciones mentales como la memoria.

### *La teoría de la Gestión Mental (GM)*

La teoría de la Gestión Mental (GM) la desarrolló Antoine de La Garanderie y se inserta en el transcurso de las investigaciones actuales sobre el funcionamiento del cerebro humano. La GM se basa en datos recolectados durante años y que han permitido identificar lo que en la misma teoría se define como *perfiles de aprendizaje* (véase glosario). Dichos perfiles se organizan en torno a *prácticas mentales* (véase glosario) poco concientes que echan a andar *gestos mentales* (véase glosario) que, a su vez, se pueden describir, comparar y aprender. Por esto es que de La Garanderie habla de la GM como *una capacidad para administrar recursos intelectuales*. La teoría de la GM permite comprender ciertos procesos mentales, que cuando el sujeto toma conciencia de



---

ellos le permiten tener elecciones más eficaces que conllevan a la autonomía mental (Chich, 1991: 9). Es decir, que cuando un individuo toma conciencia de su forma de aprender puede, a voluntad, utilizar técnicas que le permitan tener un mejor aprendizaje.

Según Chich (1991: 11), la primera condición de todo aprendizaje es la de salir de la pasividad perceptiva de receptor para ir a la actividad de efector mental. Esto se logra a través de la *evocación*, elemento principal de la GM. La evocación es la capacidad de recuperar elementos de la estructura cognitiva que se aprendieron o se almacenaron por alguna experiencia específica y que se encuentran en un estado latente en el cerebro, así son revividos o recordados cuando se evocan. Esta condición, que debe presentarse para el aprendizaje según de La Garanderie, es también indispensable en la teoría de la asimilación de David P. Ausubel sobre el aprendizaje significativo, en la que se especifica que debe existir un interés por parte del aprendiz para que se logre el aprendizaje, este interés es lo que en la teoría de de La Garanderie se puede ubicar como el detonador de la salida de la pasividad al efector mental. Además, también en ambas teorías se plantea que para aprender debe existir un elemento base dentro de la estructura cognitiva del individuo, que es justamente aquel que se va a evocar.

Asimismo, también dentro de la teoría de Vygotski se puede ubicar el interés a la existencia de un estímulo determinado que detone el paso de la pasividad a la “actividad” mental, siendo que los procesos psíquicos son reacciones a estímulos (Vygotski, 2000. T. III: 57). Así, para que se dé la evocación debe existir un estímulo medio auxiliar, que si bien desemboca en aprendizaje, para que sea significativo debe existir también como condición algún interés del aprendiz. En la actual investigación no referenciamos el aprendizaje significativo como nuestro objetivo, puesto que ése implica la modificación de la personalidad. El planteamiento de esta investigación es verificar el impacto visual a través del tiempo de las interfaces educativas y no en realidad el aprendizaje de un contenido específico.

La evocación se realiza según un proceso propio del funcionamiento de cada individuo, según Chich (1991: 11) es un verdadero itinerario mental. Para utilizar los recursos y enriquecerlos, se debe tomar conciencia de los perfiles de aprendizaje. Para ayudar a la toma de conciencia se dispone de una actividad evocativa y el conocimiento de las estrategias mentales, que son utilizadas por los gestos mentales permitiendo la atención, memorización, comprensión, reflexión e imaginación.

Evocar, así, se convierte en una necesidad para aprender. La evocación puede entonces añadirse a las funciones superiores de Vygotski que nos permiten aprender y modificar la estructura cognitiva. Todos tenemos prácticas evocativas de distinta índole. La evocación se refiere a la imagen que se queda memorizada y a la cual se recurre para recordar un objeto o situación. De esta premisa surge la pedagogía de la evocación.

Todo hábito o práctica evocativa es resultado de un comportamiento mental y se traduce en una representación mental de lo percibido. Esto es clave en la construcción del pensamiento, ya que si el objeto percibido está fijo, la imagen mental está movable (Chich, 1991: 13). Así, la evocación se define como una actividad mental de apropiación, en la que las imágenes mentales surgen y se modifican continuamente a través de la revisión del que se puede llamar acervo mental.

Se puede evocar a través de circuitos nerviosos que privilegian la evocación visual, verbal o auditiva. Existen individuos que pueden evocar de maneras diferentes con buenos resultados, también es frecuente que se utilice más de un modo de evocación, sin embargo, cada individuo tiene un tipo de evocación dominante. Aquí





es donde la teoría de la evocación se relaciona directamente con la teoría de las inteligencias múltiples de Howard Gardner. Esa teoría plantea el uso de estímulos de naturaleza diversa para crear conocimiento. Dichos estímulos los tomaremos como estímulos medios auxiliares en los términos en que los define Vygotski, ambas teorías serán explicitadas más adelante en este mismo capítulo.

En el caso de la presentación de los contenidos de los cursos, la calidad de los mismos es directamente proporcional a la eficacia de la adquisición del conocimiento, es decir, del aprendizaje. De La Garanderie descubrió en sus investigaciones que los buenos alumnos tenían un paso intermedio entre la recepción de la información y la utilización de la misma. Este paso intermedio es la evocación; es el momento en el que el alumno busca y encuentra referencias en su acervo mental sobre o acerca de lo que se le presenta. Cabe decir que no es necesario que esta referencia sea textual, sino que puede ser periférica o tangencial. Así, el aprendizaje tiene tres fases según la teoría de la evocación: la presentación de la información; la evocación; y la utilización de esa información. “Estas tres fases del aprendizaje son necesarias para que se operen las modificaciones de codificación que permiten tener éxito en tener conocimientos adquiridos y modelables” (Chich, 1991: 15).

La información es percibida en primera instancia por los órganos de los sentidos, transportada por el sistema nervioso al cerebro e interpretada por la mente, convirtiéndose en una abstracción es decir, en el origen de un pensamiento. Así, la presentación del mensaje es una codificación perceptiva que se interpreta por la mente. Siendo la percepción según Piaget (Chich, 1991: 16) el conocimiento que tomamos de los objetos o de sus movimientos por contacto directo y actual, así en la teoría de la evocación la inteligencia es un conocimiento subsistente cuando aumenta las distancias espacio-temporales entre el sujeto y el objeto. Esta definición de inteligencia no coincide con la que utiliza Howard Gardner, quien la define como la capacidad de resolver problemas. Para fines de la presente investigación utilizaremos la definición de Gardner, dado que es ésta la cual nos permite comprender y manejar la teoría de las inteligencias múltiples. Por esto, al término *inteligencia* definido por Chich (1991: 17) le otorgaremos la nomenclatura de *aprendizaje significativo*, todo bien que cumple con las mismas características que Ausubel le confiere en su teoría de la asimilación.

De la misma manera que tenemos prácticas evocativas, tenemos prácticas perceptivas que influyen los procesos cognitivos de adquisición. Es aquí que la presente investigación tiene su razón de ser: ¿Será posible que las prácticas perceptivas definidas por la teoría de la gestión mental sean modificadas o coadyuvadas por el diseño formal digital? Si es así, ¿pueden entonces generar, propiciar o facilitar el aprendizaje? Todo indica que el funcionamiento cerebral determina las prácticas perceptivas, y que el funcionamiento mental las evocativas. Así, lo que indago es si los estímulos medios auxiliares diseñados con base en la estimulación de las inteligencias múltiples pueden modificar las prácticas perceptivas, por consecuencia las evocativas y por ende la estructura cognitiva del individuo, y si en algún momento puede esa modificación permanecer en el cerebro y la mente, convirtiéndose en aprendizaje significativo.

En su relación con la neurofisiología, la teoría de la GM sostiene la idea de que en particular la corteza frontal es el origen probable de las funciones superiores como la decisión, la imaginación y la abstracción, o la evocación que se basa en la ausencia del objeto de percepción (por esencia, una abstracción). Así, las funciones superiores se entendería que están dadas en la corteza frontal del cerebro, según los trabajos de Mac Lean, Changeux y Laborit (Chich, 1991: 16). Al mismo tiempo, la GM también reconoce capas sedimentarias o geológicas en la estructura cognitiva del individuo que le permiten ir generando conocimiento, esto sería, en otras palabras, que se reconoce la existencia de conocimiento previo que permite generar nuevo conocimiento al interactuar con estímulos externos. Estas capas se plantean a través de la validación de los cerebros límbico y





primario, y pueden ser equiparadas con las funciones rudimentarias de la teoría de Vygotski, y con las variables interpersonales de la teoría de la asimilación de Ausubel. Las variables situacionales que plantea Ausubel son las que van a dar pie para que se lleve a cabo la evocación según de La Garanderie. Según como se den estas variables es como se presenta la información al alumno, y de ahí como se evoca para su uso posterior. Además la presentación del material o de la información con un sentido lógico que permita su relación con la estructura cognitiva preexistente, es otra de las condiciones forzosas para que exista un aprendizaje significativo según la teoría de Ausubel. Ahí es donde el diseño gráfico formal digital cobra una importancia suprema, pues de su percepción depende la creación de conocimiento nuevo y el aprovechamiento del preexistente.

Las evocaciones son mensajes que nos enviamos personalmente y que piden prestada una parte, en cualquier caso, de los circuitos nerviosos que sirven las zonas sensoriales correspondientes. Esta es la razón por la que, cuando hay semejanza entre apoyo perceptivo y método de evocación, el paso en directo de un registro será naturalmente más rápido que cuando no hay homogeneidad entre los dos (Chich, 1991: 18). La teoría de las inteligencias múltiples plantea que este paso directo no significa que los estímulos medios auxiliares estén predeterminados por la forma de la imagen mental que se va a evocar, sino que el paso directo depende de la capacidad de resolución de problemas que tiene cada individuo y de cómo son sus prácticas perceptivas y evocativas, es decir, que el paso directo puede no ser símil y aun así tener resultados de aprendizaje. Según Chich (1991), cuando hay similitud, el soporte perceptivo es la vista, y el modo de evocación es visual, por ejemplo, cuando no hay similitud, el soporte perceptivo es la vista y la evocación es auditiva. La evocación es el medio a disposición del cerebro para operar el deslizamiento del soporte perceptivo al cognoscitivo.

Según de La Garanderie, el aumento del aprendizaje significativo es resultado de las evocaciones dirigidas (Chich, 1991: 20). En este caso, las evocaciones dirigidas pueden serlo a través de los estímulos medios auxiliares que plantea Vygotski para llevar a cabo las funciones superiores de manera adecuada, o las mismas funciones superiores que tienen como resultado la modificación de la estructura cognitiva. Probablemente cuando una evocación tiene como resultado un cambio en la estructura cognitiva, la siguiente evocación sobre esa misma evocación sea una evocación diferente, en analogía con lo que sucede con la percepción, que cuando un estímulo es percibido por segunda ocasión no se hace de la misma forma que por primera vez, y así subsecuentemente. Es necesario que cada individuo aprenda a restituir la información de una manera u otra según sus prácticas mentales. Para un buen aprendizaje, la evaluación debe estar sustentada en evocaciones dirigidas que hayan permitido el desarrollo cognitivo.

Así, las evocaciones con un propósito bien definido se reflejan en aprendizaje. El proyecto o propósito de la evocación debe poder referir a las funciones rudimentarias de Vygotski al ser una condición necesaria para que se den las funciones superiores y el aprendizaje. Dicha referencia debe corresponder a las variables situacionales, que también se definen como necesarias para que se dé la evocación y el aprendizaje; así pues, se puede pensar que la evocación es como el engranaje que une a las funciones rudimentarias con las superiores, es la función cerebral-mental que permite que las funciones rudimentarias trabajen como catarsis y detonen en las funciones superiores, y, con ellas, un cambio en la estructura cognitiva y, por lo tanto, en un aprendizaje. En otras frases, la evocación es la función mental que va a echar a andar al cerebro para que interactúen lo nuevo con lo ya existente y se genere algo nuevo, o se modifique lo existente en cuanto a conocimiento se refiere.

Según el propio Chich (1991: 24), son pocas las evocaciones conseguidas sin propósito de utilización. El propósito de utilización es el equivalente al interés del que habla Ausubel para que exista un aprendizaje, es decir,



que el alumno o el aprendiz necesita un propósito de utilización para que la evocación se consiga correctamente. Aun así, en la cotidianidad, la evocación tiene dos polos, el de la percepción con propósito y el de la percepción sin él. De la percepción de objetos sin atención puede nacer la percepción con atención, la evocación se inscribe en una alternancia entre la percepción inatenta y la percepción atenta, entre la falta de proyecto y la conciencia del proyecto de evocación. Dejar al alumno el tiempo de evocación le permite operar esta alternancia (Chich, 1991: 25). Así, en la teoría de la GM también se establece la importancia de los tiempos individuales para que se gese el conocimiento, tal y como lo plantea la teoría de la asimilación con el aprendizaje significativo, donde cada uno tiene sus propios tiempos para que las funciones superiores se lleven a cabo.

En la teoría de la GM se plantea la existencia de un itinerario mental compuesto por tres elementos: las familias, las constantes y los parámetros. Estos tres componentes se combinan y forman un sistema individualizado; cada uno de nosotros está determinado por la combinación de éstos; forman nuestras funciones rudimentarias y variables situacionales, y su combinación también determina el perfil de aprendizaje. Se puede también decir que la combinación de los tres componentes tiene como resultado nuestra manera de resolver problemas, es decir, que son los responsables del estado de desarrollo de cada una de las inteligencias múltiples planteadas por Gardner, y a las que debemos acudir en el propósito de la evocación. Cada individuo busca su autonomía mental, pero está determinado por el itinerario mental que es regido por estos tres elementos; a veces un sujeto no puede salir de ellos, otras rompe sus propios esquemas y va más allá transformando su itinerario mental. Según los avances de la neurofisiología, el mapeo cerebral ha demostrado que con los estímulos medios auxiliares correctos es posible la modificación de estos itinerarios mentales, sin embargo, es multifactorial la relación; y según el estado actual del conocimiento, no se puede decir que los itinerarios mentales tengan factores exclusivamente fisiológicos.

La mezcla de distintos tipos de evocaciones le confiere al sujeto su individualidad, y la misma mezcla que le permite utilizar los distintos tipos de evocaciones se debe a las funciones rudimentarias, así, cada uno genera sus propias evocaciones bajo un patrón único que le permite aprender y moverse socialmente. Aunado a lo anterior, de La Garanderie asimismo plantea que las evocaciones también pueden tener existencia cronológica dentro de nuestro cerebro, y que hace falta distinguir entre las evocaciones ya existentes y las que son nuevas. A las primeras evocaciones regresamos y éstas nos permiten construir las segundas. Es un vaivén de recorridos entre el cerebro y la mente a través o en pretexto de estímulos medios auxiliares. El funcionamiento cerebral y el mental no son el uno sin el otro, y siempre tienen repercusiones en el aprendizaje o en la estructura cognitiva del individuo.

Al igual que en todas las teorías psicopedagógicas analizadas (Gardner, Ausubel y Vygotski,) para de La Garanderie el sujeto es único en cuanto a sus características mentales, y éstas dependen de la combinación de ciertos parámetros que en el caso de la GM es la forma de evocar y la utilización de las evocaciones mismas, así como para Vygotski son las funciones rudimentarias, para Ausubel las variables situacionales y para Gardner las inteligencias múltiples.

Pero para comprender mejor el panorama debemos exponer la teoría de Vygotski, quien tiene estudios amplios y a conciencia de la generación de conocimiento a través de estímulos medios auxiliares. A partir de teorías del corte de las de Vygotski, surgió la corriente constructivista, que plantea que el conocimiento puede gestarse a través del apoyo de un estímulo externo pero con base en la estructura cognitiva (conocimiento) preexistente.

---

## Los aportes teóricos de Lev S. Vygotski

En la teoría de Lev S. Vygotski podemos encontrar conceptos clave o, mejor dicho, categorías semánticas para entender el proceso de aprendizaje, siendo metáforas que permiten a esta investigación abordar la actividad cerebral y mental. La definición de dos tipos de funciones caracterizan el trabajo de Vygotski: las funciones rudimentarias y las funciones superiores. Las funciones rudimentarias son aquellas capas geológicas presentes en la estructura cognitiva del individuo, y que se componen de experiencias y aprendizajes pasados, asimilados y acumulados. Las funciones rudimentarias para Vygotski pueden ser también a nivel social, compuestas por transformaciones que han pasado a formar parte del pensamiento humano. Estas funciones son el andamiaje para futuros avances en el conocimiento y para posibles modificaciones en la estructura cognitiva. Entre más compleja sea la estructura preexistente, más complejo puede ser el aprendizaje. Cabe decir que las funciones rudimentarias son la metáfora con la que se va a designar a los conocimientos previos acumulados en la mente del individuo, que son recuperados a través del cerebro y que se modifican cuando tienen interacción con otros procesos mentales; debido a la fisionomía cerebral, se sabe en dónde se llevan a cabo los procesos mentales correspondientes a un área, como por ejemplo, la visual, sin embargo, no hay ningún indicio de la existencia real de una estructura como tal.

Los cambios culturales, a través del tiempo, han implicado también variación en los procesos psíquicos del hombre. La operación psíquica es un sistema coordinado de reacciones dirigido a un fin determinado provocado por una tarea más o menos compleja, es decir, los procesos psíquicos son reacciones a estímulos. A su vez, un estímulo es cualquier cambio que nosotros provocamos por voluntad propia en la conciencia de un individuo (Vygotski, 2000, t. III:57).

Las funciones psíquicas superiores son el conjunto de los procesos de dominio de los medios externos del desarrollo cultural y del pensamiento —lenguaje, escritura, cálculo, dibujo—, y los procesos de desarrollo de las funciones psíquicas superiores especiales —atención voluntaria, memoria lógica, formación de conceptos, entre otros— (Vygotski, 2000, t. III:29). El desarrollo de estas funciones transcurre sin que haya modificación de tipo biológico, pero sí un desarrollo intra e inter personal, lo que se traduce en el aprendizaje y capacidades, habilidades y competencias para conocer y reconstruir el objeto de conocimiento, para elaborar clasificaciones, para analizar y sintetizar.

A través de la búsqueda de funciones rudimentarias comunes de un grupo de individuos, podemos identificar puntos importantes para su proceso de enseñanza-aprendizaje que, a través de la estimulación de sus funciones superiores, nos permita generar un aprendizaje significativo. Es decir, a través del conocimiento del andamiaje cognoscitivo (experiencia y conocimiento)<sup>23</sup> podemos tender anclas que nos permitan modificar la estructura cognitiva, accionando el dominio de los medios externos de la cultura y el pensamiento y las funciones psíquicas superiores especiales. Según Vygotski (2000, t. III: 78-79), se puede actuar en la memoria de otra persona del mismo modo que sobre la propia, es por eso que si reunimos las características de las funciones rudimentarias de un grupo de individuos al que se va a dirigir el curso, en su caso, podemos lanzarlo con la seguridad de que actuará con los mismos resultados en otros grupos parecidos.

---

<sup>23</sup> Cabe recalcar que los términos *andamiaje cognoscitivo* y *estructura cognitiva* son metáforas que permiten aplicar una categoría semántica a todos los conocimientos y experiencias previas de un individuo, que van a interactuar con los estímulos nuevos y que permean en su percepción.



Las anclas que van a modificar la estructura cognitiva del individuo son los estímulos, que provocan cambios en la conciencia del sujeto. Cuando a un sujeto se le presentan dos estímulos con la misma fuerza, se le insta a tomar una decisión. En ese momento la decisión se toma por factores arbitrarios y el individuo, después de haberla tomado, duda sobre la certeza de la decisión que tomó. Lo anterior no sucede cuando los estímulos están jerarquizados y dispuestos a través de un correcto diseño instruccional. Dentro del diseño Web de interfaces educativas, los estímulos visuales o auditivos deben evitar ser confusos, teniendo una misma fuerza de atracción, por lo que una solución para este problema es la jerarquización de los íconos en la interfaz, cambiando el tamaño del ícono, la posición, el color, el comportamiento (parpadeo, p. e.), el movimiento, la activación o desactivación de la acción, y la combinación de varias o todas las opciones, o la práctica de alguna de ellas en partes específicas dentro de la interfaz. También es importante verificar la asertividad de la ubicación de los íconos en la significación visual para satisfacer adecuadamente otro de los requerimientos importantes en el diseño que es el manejo del espacio dentro de la pantalla. Un elemento adicional a considerar es el tamaño que va a tener la interfaz educativa, que depende directamente de los grupos objetivo que se estén trabajando. Lo referente al diseño de la interfaz educativa se encuentra en el apartado *Diseño de significaciones visuales digitales*.

El realizar cambios en el diseño de un ícono en la interfaz educativa implica darle un rol de estímulo-medio artificial a dicho ícono, es convertirlo en un estímulo que nos ayuda a decidir hacia donde dirigirnos, motivando al alumno a accionarlo. Tener un buen diseño que guíe al alumno a través de la navegación del curso es importante, pues le permitirá ir realizando primero que nada un reconocimiento de sus funciones rudimentarias, es decir, una evocación del conocimiento previo, y, al mismo tiempo, hacer uso de sus funciones superiores para modificar su estructura cognitiva mediante el aprendizaje de nuevos conocimientos. De esta manera se cimenta la base para el aprendizaje significativo en términos de Ausubel.

Vygotski (2000, t. III:83-94) define signo como el estímulo-medio artificial introducido por el hombre en una situación determinada, y que cumple la función de autoestimulación; es todo estímulo condicional creado por el hombre artificialmente y que se utiliza como medio para dominar la conducta, ya sea propia o ajena. En el caso de las interfaces educativas tenemos que los íconos visuales y los estímulos auditivos juegan el rol de signos.

La creación y el empleo de señales artificiales (signos) se denomina significación. Cuando el alumno realiza la significación, confiriendo significado a su conducta y actuando desde fuera, crea nuevas conexiones en el cerebro, es decir, realiza una actividad interior. Esta actividad interior implica la estimulación de las neuronas a partir de los impulsos eléctricos que llegan desde los nervios ópticos o auditivos. Para fines de la presente investigación sólo aplicará a la estimulación del nervio óptico. Una vez estimulada la retina, y enviada la información eléctrica a través del nervio óptico, el cerebro recoge la información y la procesa a nivel bioquímico realizando sinapsis, que a su vez implica que se están llevando a cabo operaciones mentales (véase el apartado *Neurofisiología y cognición: procesos cerebrales y mentales*). Así pues, la significación exterior se interioriza a través de estímulos permitiendo el aprendizaje. Esa nueva significación el individuo la aplica tanto a sí mismo como a los demás, puesto que el signo es el resultado de una actividad social.

En este sentido, el lenguaje visual y escrito es un sistema de relación social, basado en convenciones que permiten la comunicación entre los diversos grupos humanos con base en la significación. Este lenguaje permite que el cerebro dé paso a las operaciones mentales o funciones superiores. Cabe mencionar que así se entiende que en los distintos lenguajes o idiomas se generen las mismas operaciones mentales, siendo que las conven-



ciones sociales de los distintos grupos étnicos y culturales se refieren a cosas similares o iguales y se decodifican en las mismas percepciones. Los códigos podrán ser más rudimentarios y restringidos o complejos y elaborados, que dependen de los contextos evocados, como lo plantea Bernstein (1990)<sup>24</sup>, y que aquí no se desarrollan, pero es una meta prometedora en la investigación socio-pedagógica.

Los estímulos o signos pueden moverse en dos niveles, y lo ideal es que se integren: en la enseñanza se requiere jerarquizarlos y contextualizarlos en una buena navegación; y en el aprendizaje se trata de incitar las inteligencias múltiples. Así, el proceso enseñanza-aprendizaje cubre ambos lados del dispositivo: primero, el diseño digital tiene la intención de enseñar mediante una buena significación; después, el alumno tiene la posibilidad de aprender mediante el uso de sus inteligencias, poniendo en práctica sus funciones superiores. Los estímulos-medios como medios artificiales y auxiliares utilizados para la toma de decisión entre dos estímulos pueden ayudar al desarrollo de las inteligencias múltiples para fomentar el aprendizaje. Si diseñamos mediaciones adecuadas, este aprendizaje hace posible el desarrollo.

El aprendizaje digital necesita que el alumno utilice un sistema de significación digital novedoso implique un nuevo principio regulador, una nueva conducta con base en un lenguaje determinado. A pesar de que la educación a distancia digital no es de reciente implementación en muchas partes del mundo, en nuestro país no se ha podido utilizar en gran escala y aún cuenta con la aversión de sectores poblacionales que no comprenden la importancia y las ventajas que representa. Los argumentos varían, pero se centran en su mayoría en la visión errónea de que la educación a distancia implica la pérdida de una plaza laboral, cuando en sentido estricto, y aplicando correctamente las teorías pedagógicas, el docente debe estar presente en todo momento para que se pueda generar el conocimiento.

La característica principal del nuevo sistema de significación es que debe ser estimulante, auto-estimulante y auto-dominante en los contenidos de los cursos digitales en línea asíncronos, de forma que el alumno pueda crear conocimiento nuevo a partir de los contenidos que se le presentan.

En este caso es necesario precisar que los nexos humanos suelen ser dobles: hay relaciones directas y mediadoras. Las directas se llevan a cabo en forma instintiva, de movimientos y acciones. Las mediadoras representan un nivel superior del desarrollo y su rasgo fundamental es el signo mediante el cual se establece la comunicación. En los actos de educación las relaciones humanas tienen que ser de mediación, para que a través del uso de significaciones y una adecuada comunicación puedan establecerse los estímulos adecuados para los procesos mentales y generar nuevo conocimiento.

La actividad mediadora se puede dar a través del empleo de herramientas o signos; por lo que el lenguaje gráfico es el instrumento mediador que va a permitir que el estudiante se apropie del sistema de conocimiento y ciertas habilidades operatorias generales de carácter intelectual e instrumental. En el aprendizaje digital, los signos son utilizados como herramientas y tienen una función mediadora en el proceso de aprendizaje. Empleando signos establecemos actividades mediadoras que influyen en la conducta de los alumnos. Hay tres puntos básicos que deben considerarse en el diseño de los cursos a distancia digitales:

1. Jerarquizar las pantallas adecuadamente para que el alumno no se pierda.
2. Diseño instruccional aunado a una navegación coherente y acorde al contenido y el fin del que enseña, permitiendo la autoestimulación para que se lleven a cabo los procesos de las funciones superiores.

<sup>24</sup> Bernstein, Basil, (1990), *La construcción social del discurso pedagógico*, Bogotá: El Griot. Dato aportado por el Dr. Javier Ortiz Cárdenas.

3. A través del uso de los signos, influir en la conducta del alumno con miras a las funciones superiores y a un aprendizaje significativo.

Completando, entonces, el panorama de lo que significa una función psíquica superior, podemos definir que es la aplicación de medios auxiliares a través de una actividad mediadora y mediante la aplicación de herramientas. Es decir, que la función psíquica superior es el proceso, y no el objeto como tal, que pone de manifiesto el nexo dinámico-causal y su relación, es, por tanto, un análisis explicativo y genético que vuelve a su punto de partida para reestablecer los procesos de desarrollo fosilizados, es decir, modificando las estructuras (Vygotski, 2000, t. III:95-106). En otras palabras, es el movimiento rizomático de la sinopsis detonada a partir de la percepción de estímulos externos, en cuya actividad se generan corrientes bioquímicas en el cerebro que son a la vez actividad mental, y que evocan al conocimiento previo para interactuar con él, transformarlo y dejarlo en estadio virtual, es decir, que vuelve al sitio del que partió en espera de volver a moverse a partir de una nueva evocación.

El tiempo del proceso de las funciones superiores no es igual para cada uno de nosotros, en este sentido el aprendizaje digital en línea asíncrono representa una ventaja, pues la pantalla no unifica el ritmo de los alumnos. Es necesario darle al alumno la posibilidad de manipular el material a su gusto y a su propio ritmo para que se lleven a cabo las funciones superiores.

A través de la mediación de un estímulo-medio artificial, que es el signo en la pantalla, al cual denominaremos X, el alumno podrá relacionar entre A y B:

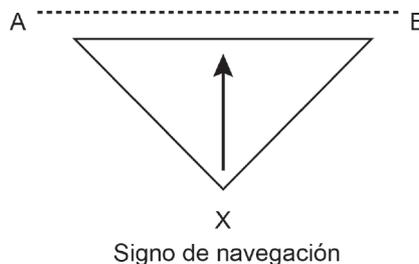


Figura 6. Relación entre estímulos medios artificiales  
Fuente: Elaboración propia, 2005 y publicada en Noyola, 2014

Cuando aparece un miembro intermedio, que es el signo en pantalla (signo de navegación en la figura anterior), la operación se convierte en un acto mediado; es decir, que el estímulo A provoca una reacción: buscar X para llegar a B. La mediación se hace por medio del estímulo X que es el puente entre los dos estímulos. El diseñador debe enfatizar el estímulo X para motivar al alumno a seguir la navegación del sitio.

En este sentido, ese énfasis puede realizarse a través de algunas de las soluciones gráficas que hemos expuesto anteriormente con respecto al estímulo-medio artificial. Estas soluciones gráficas, como otras, modifican el proceso de la función psíquica superior (Vygotski, 2000, t. III:123). Así, si el cambio de lugar y forma del



signo altera el proceso, la planificación adecuada de la pantalla y del curso en general son factores que van a incidir en el aprendizaje. Si se quiere que éste sea significativo, los signos y su ubicación deberán estar determinados por el diseño digital a través de una reflexión conjunta del diseñador Web y del creador de los contenidos, y tomando en cuenta las funciones rudimentarias del alumno,<sup>25</sup> de forma tal que se pueda fomentar la realización de las funciones superiores en concordancia con los aprendizajes que los alumnos ya poseen. Así, las características del signo influyen en la construcción del proceso de enseñanza-aprendizaje, el cual incide a su vez en el desarrollo de las formas superiores. A ese respecto Vygotski (2000, t. III:123) dice:

La relación más esencial que subyace en la estructura superior es la forma especial de organización de todo el proceso, que se construye gracias a la introducción en la situación de determinados estímulos artificiales que cumplen el papel de signos. El papel funcionalmente distinto de dos estímulos, y de su conexión recíproca, sirven de base para aquellos nexos y relaciones que constituyen el propio proceso. El proceso de introducción de estímulos ajenos a la situación adquiere [...] un cierto significado funcional [...].

El signo adquiere funciones dependiendo de la intención de aquel que lo introduce en el ámbito educativo, y más precisamente, en la pantalla del aprendizaje digital. Los estímulos neutrales dejan de serlo y se incorporan al proceso del comportamiento, adquiriendo la función de signo.

Así, la conducta es guiada por un proceso mediado en el que participan los estímulos-medios artificiales, determinados por su creador con un objetivo previsto. Es decir, que la conducta del alumno es determinada por los estímulos-medios artificiales que conllevan un fin predeterminado por su creador o creadores. Bien empleada la mediación, favorece al aprendizaje significativo de los alumnos al modificar la estructura cognitiva, pues los signos reestructuran la operación psíquica. Sin embargo, cabe decir que las formas inferiores no desaparecen, sino que se incluyen en la superior de manera supeditada.

Vygotski habla del principio de la selección racional en la teoría del desarrollo de la conducta, esta selección racional es llevada a cabo por el individuo al elegir los viejos métodos del comportamiento y crear nuevos, es decir, darles una nueva significación. Este principio, según Vygotski, tiene tres esferas: instinto, adiestramiento e intelecto, que corresponden a tres etapas en su teoría del desarrollo de la conducta (Vygotski, 2000, t. III:144):

- Etapas 1. Está constituida por instintos o fondo innato, hereditario, de los procedimientos de la conducta.
- Etapas 2. Adiestramiento o etapa de los hábitos o reflejos condicionados, es decir, de reacciones condicionadas aprendidas, adquiridas en la experiencia personal.
- Etapas 3. Intelecto o reacciones intelectuales que realizan la función de adaptación a las nuevas condiciones y que constituyen una jerarquía organizada de hábitos orientados a la solución de las nuevas tareas.

Las etapas van construyéndose una arriba de la otra de manera evolutiva en el desarrollo de un individuo, es decir, que la etapa tres es la más desarrollada y la uno la menos, como ya hemos mencionado, de manera supeditada; esto, en otros términos, quiere decir que el conocimiento va evolucionando de forma que el nuevo

<sup>25</sup> Ciertas funciones rudimentarias pueden ser detectadas a través de las pruebas sobre estilos de aprendizaje, con lo que se conecta la GM con la teoría vygotskiana.





se sustenta en el previo, así se puede generar conocimiento complejo a partir del conocimiento simple necesario. El objetivo del aprendizaje significativo es la tercera etapa, donde la selección racional se hace mediante la adaptación a nuevas condiciones a través del intelecto, usando las funciones superiores.

De esta manera, las funciones psíquicas superiores son un proceso mediante el cual se modifica la estructura cognitiva del alumno, y en consecuencia se modifica la personalidad. Aun cuando la consecuencia final es interna, toda función superior pasa por una etapa externa que se interioriza, es decir, que al principio es social. Los signos y herramientas utilizados en la actividad mediadora del individuo tienen características sociales que después son interiorizadas por el individuo y devueltas al medio social, permitiendo así el avance cultural. Asimismo, las funciones superiores se llevan a cabo con base en las funciones rudimentarias de cada individuo, es decir, que los procesos mentales se llevan a cabo con base en los conocimientos previos, la interacción entre ellos y con un conocimiento nuevo.

En el momento en que la función superior se interioriza se dice que se ha realizado su arraigo (Vygotski, 2000, t. III:164-165). Existen tres tipos de arraigo caracterizados por Vygotski:

1. Arraigo tipo sutura: cuando a través de un mediador se unen un estímulo y una reacción, que al paso del tiempo quedan articulados aun sin el estímulo mediador.
2. Arraigo completo: cuando al paso de la operación al interior se borra la diferencia entre los estímulos externos e internos.
3. Arraigo “aprendizaje”: cuando se asimila la propia estructura del proceso, las reglas de utilización de los signos externos y, al mismo tiempo, se utiliza el bagaje de estímulos internos y se comienza a operar con estos últimos más fácilmente que con los externos.

Toda función superior implica una modificación de la personalidad del individuo al haber un aprendizaje. El tercer tipo de arraigo nos plantea la posibilidad de un aprendizaje significativo en términos de Ausubel, que implica una relación específica de la significación con la estructura cognitiva del alumno.

### *La teoría de las inteligencias múltiples*

El planteamiento original de que el ser humano cuenta con múltiples inteligencias fue de Howard Gardner. Él caracteriza con parámetros definidos a cada una de las inteligencias a las que reconoce como tales. La teoría de Gardner es muy completa y teorizada, y se basa en parámetros científicos y estudios sociales profundos. La presente investigación se basa en ella para las disertaciones teóricas. La teoría de las inteligencias múltiples plantea que cada individuo posee capacidades distintas, que sirven para la resolución de problemas determinados, y por lo tanto son inteligencias:

[...] creemos que la competencia cognitiva del hombre queda mejor descrita en términos de un conjunto de habilidades, talentos o capacidades mentales, que denominamos “inteligencias”. [...] los individuos difieren en el grado de capacidad y en la naturaleza de la combinación de estas capacidades. Creemos que esta teoría [...] refleja de forma más adecuada los datos de la conducta humana “inteligente”. Una teoría así tiene importantes implicaciones educativas y curriculares (Gardner, 1995:32-33).

Así, la inteligencia queda definida como la capacidad o habilidad necesaria para resolver un problema, ya sea teórico o práctico, dentro de un contexto socio-cultural determinado. Esta capacidad nos permite decidir





el camino correcto para alcanzar un objetivo. Igualmente, cada inteligencia debe ser susceptible a la codificación en un sistema simbólico que, siendo un producto cultural, capture y transmita formas importantes de información mediante un sistema de significado.

Gardner, en su libro *Inteligencias múltiples. La teoría en la práctica* (1995), determinó siete categorías de habilidades para la resolución de problemas, es decir, siete inteligencias a partir del análisis de individuos diversos, desde genios, niños prodigio, sabios idiotas, autistas y gente promedio. Para que una inteligencia se tomara como genuina debía satisfacer una serie de criterios que el mismo Gardner expone en su libro *Frames of Mind* (1983). Para fines de esta investigación vale decir que cada inteligencia debe poseer una operación nuclear identificable, o un conjunto de operaciones. Cada inteligencia se activa mediante la presentación de cierto tipo de información expuesta de forma interna o externa en el individuo. Al día de hoy, Gardner ha incluido dos inteligencias más que cumplen con los criterios anteriormente descritos, las cuales describe en su libro *Mentes flexibles. El arte y la ciencia de saber cambiar nuestra opinión y la de los demás* (2006).

La teoría de las inteligencias múltiples se organiza a la luz de los orígenes biológicos de cada capacidad para resolver problemas, esto denota la influencia de Piaget, maestro de Gardner. Sin embargo, también lo podemos vincular directamente con Vygotski cuando plantea que cada entorno cultural va a determinar la manera de resolver los problemas que tienen los individuos. Cabe mencionar que Piaget también daba importancia a lo social como factor importante en la construcción de conocimiento.

Todas las inteligencias interactúan entre sí modificándose unas a otras. Sin embargo, mantienen cierto grado de independencia o especificidad; incluso, pueden llegar a suplir la deficiencia de alguna de ellas. Los individuos tenemos una combinación de los desarrollos de cada inteligencia que nos conforma, de esta manera cada quién tiene una suma específica de capacidades de resolución de problemas.

Los nueve tipos de inteligencia son: musical, cinético-corporal, lógico-matemática, lingüística, espacial, interpersonal, intrapersonal, naturalista y existencial. Ésta última no está considerada una inteligencia, sino que está en un proceso de análisis por parte de Gardner; sin embargo, aparece en esta investigación en el mismo sentido en que lo hace en el libro *Mentes flexibles. El arte y la ciencia de saber cambiar nuestra opinión y la de los demás* (2006), como una inteligencia que está siendo sometida a las pruebas necesarias para ser considerada como tal; no obstante, el comportamiento humano es indicativo de su existencia, y el propio Gardner la cuenta como una más. A continuación se describe cada una de las inteligencias:

*Inteligencia musical:* El núcleo de la inteligencia musical es la sensibilidad para entonar bien, y la notación musical proporciona un sistema simbólico coherente. La comprensión de la capacidad que tiene el ser humano de aprender a través de la música, ya sea en el lenguaje musical como tal, o en otros lenguajes anexos y referentes, como puede ser la matemática, es de suma importancia para poder generar interfaces digitales o análogas a través de lenguajes específicos que sean asertivas y faciliten el proceso de modificación de la estructura cognitiva. Al mismo tiempo, se conoce que la evocación musical o de sonido es un referente real para establecer contacto con las funciones rudimentarias o la estructura cognitiva por medio de la interrelación con la experiencia de vida, en la que evidentemente se incluye en aprendizaje formal. Para fines de esta investigación en específico no se tiene contemplado el uso de la inteligencia musical, sin embargo, vale la pena hacer la referencia a que el sonido, así como cualquier otro elemento que llegue al cerebro a través de los órganos de los sentidos, son estímulos que pueden decantar en un nuevo aprendizaje, y por lo tanto que son evocaciones en potencia.





*Inteligencia cinético-corporal:* Es la capacidad o habilidad de dominar o controlar los movimientos corporales. Todas aquellas profesiones que requieran de habilidades manuales necesitan el desarrollo de esta inteligencia. En un terreno más personal, el sujeto genera, además de la habilidad de la que nos habla Gardner, una memoria táctil que le resulta indispensable para su diario acontecer. El aprendizaje a través del desarrollo de esta inteligencia es casi de las primeras cosas que le suceden a un ser vivo después de su nacimiento. La habilidad de caminar, correr, saltar y moverse sin accidentarse es el resultado de este desarrollo. Al mismo tiempo, al ser la piel el órgano más grande que cubre el cuerpo de un ser humano, y al ser responsable del sentido del tacto, a través del desarrollo de esta inteligencia podemos tener aprendizajes susceptibles a evocación que forman parte de las funciones rudimentarias y que tienen una evidente influencia en el comportamiento humano. Por ejemplo, aquellos individuos que aprenden a realizar trabajos con un nivel muy alto de precisión, como los neurocirujanos, son capaces de controlar sus movimientos a escalas minuciosas y, al mismo tiempo, en su vida cotidiana, algunos movimientos le serán más sencillos al evocar su aprendizaje cinético-corporal. En la actual investigación, al tratarse de interfaces que requieren de movimientos precisos dentro de las significaciones, la eficacia de la ubicación de los estímulos medios auxiliares, en conjunto con el movimiento corporal, son elementos importantes para facilitar el aprendizaje; así como para simplificar el uso de la interfaz en cuestión.

*Inteligencia lógico-matemática:* Es de las que más se desarrollan en la educación básica y en algunas de las disciplinas de educación superior. Nos permite resolución de problemas cotidianos como el presupuesto personal, además de resolver problemas más complejos como la física y la matemática. El pensamiento científico está catalogado dentro de las habilidades de resolución de problemas de esta inteligencia por la deducción y la observación que lleva implícitos. Es una inteligencia de naturaleza no verbal que implica la capacidad de resolver problemas de “golpe” al manejar distintas variables al mismo tiempo. Interrelacionando la teoría de Vygotski y la de de La Garanderie, esta inteligencia resulta un espacio de reflexión. El cerebro humano tiene la capacidad de mantenerse activo de distintas maneras, la posibilidad de que el “problema” a resolver quede en un estado que proponemos llamar “inconciencia activa”, y que en esa actividad el cerebro esté realizando evocaciones, registros y búsquedas en las funciones rudimentarias, es muy alta. Al final, cuando el cerebro resuelve el problema o tiene una propuesta de solución, lo manda a la parte conciente para que “de golpe” se proponga dicha solución.

*Inteligencia lingüística:* La inteligencia lingüística tiene su núcleo en la sensibilidad hacia los rasgos fonológicos, hacia los lenguajes escritos o hablados. La capacidad o habilidad de aprender lenguajes para la comunicación y expresión del individuo le permite interactuar con otros sujetos. Vygotski tiene una serie de estudios sobre el desarrollo del lenguaje y el pensamiento. Afirma que son dos elementos cuyo desarrollo está intrínsecamente ligado y que el desarrollo del lenguaje reestructura el pensamiento y le confiere nuevas formas (Vygotski, 2000, t. III: 265-283). Bajo esta premisa, la inteligencia lingüística adquiere otro matiz: la capacidad de desarrollo de lenguajes visuales asertivos y eficientes que debe tener el diseñador de las interfaces digitales de aprendizaje, debe permitir el uso de estos lenguajes para procurar la evocación y la modificación de la estructura cognitiva de un sujeto. Por otro lado, el desarrollo de esta inteligencia en ambientes virtuales de aprendizaje va a permitir que un sujeto sea susceptible de aprender al observar y utilizar una plataforma diseñada con este fin. Así, el uso y desarrollo de un lenguaje específico, que hoy por hoy ya tiene mucho avanzado (véase *Diseño de significaciones visuales digitales*), potencializa el aprendizaje en alumnos que lo conocen y lo han asimilado.

*Inteligencia espacial:* Tiene su núcleo en la navegación y en el uso de mapas como sistema de notación. Es la capacidad de moverse por un espacio o de crear en un espacio determinado (arte), de pensar a futuro movi-





mientos en un espacio, por ejemplo, en un tablero de ajedrez. También se refiere a la capacidad de “formar imágenes mentales o representaciones espaciales y de operar con ellas de formas muy diversas” (Gardner, 2006: 51). En la evocación, el individuo se remite a imágenes mentales que se encuentran almacenadas, pero también son el resultado de las prácticas evocativas (véase el apartado *La teoría de la Gestión Mental (GM)*). Además, la ubicación de los elementos dentro de la significación resultante de la interfaz de aprendizaje digital, también tiene claras referencias a esta inteligencia en sus dos facetas: el generador de la interfaz y el usuario de la misma. A su vez, esta inteligencia se mezcla con la cinético-corporal en el uso y diseño de una interfaz de aprendizaje digital, todo bien que debe tomarse en cuenta los movimientos ocular y de los músculos de la mano, y todos aquellos que en su momento intervengan en el proceso y la capacidad que tiene la misma interfaz para ser evocada posteriormente de manera que facilite la navegación por el sitio y, finalmente, el aprendizaje.

*Inteligencia interpersonal:* Tiene su núcleo en la capacidad de entender los cambios en otras personas, sobre todo en sus estados de ánimo, temperamento, motivaciones e intenciones. Esta inteligencia es la que nos permite interactuar con otros individuos; y en la educación a distancia en línea nos permite crear grupos colaborativos de aprendizaje a los que accedemos a través del correo electrónico o de los foros. En la actual investigación cobra importancia en la capacidad del generador de interfaces, del aprendizaje digital, de identificar las motivaciones comunes de un grupo de alumnos.

*Inteligencia intrapersonal:* Es la capacidad de entenderse uno mismo, nuestros sentimientos, nuestros miedos y motivaciones. Esta capacidad es la que nos va a permitir intuir o saber si somos capaces de llevar un curso de educación a distancia en línea, y con qué conocimientos contamos de manera que podamos aprender significativamente un contenido. Es una introspección que nos da información acerca de nosotros mismos.

*Inteligencia naturalista:* Es la capacidad de establecer distinciones fundamentales en el mundo natural. Da al ser humano la capacidad de distinguir entre una planta y otra y entre un animal y otro. Gracias a esta inteligencia es que el homínido ha podido sobrevivir (Gardner, 2006: 54).

*Inteligencia existencial:* La más reciente de las inteligencias identificadas por Howard Gardner (2006: 58), se refiere a “la capacidad del ser humano para plantearse y considerar las preguntas más profundas: ¿Quiénes somos? ¿Por qué estamos aquí? ¿Qué nos va a ocurrir? ¿Por qué morimos?” (Gardner, 2006: 59), entre otras. A esta inteligencia Gardner, al día de la publicación de su libro *Mentes flexibles. El arte y la ciencia de saber cambiar nuestra opinión y la de los demás*, no la ha proclamado como tal, puesto que faltan algunos criterios por cubrir para que cumpla con todas las características de una inteligencia. Sin embargo, él mismo dice que si le preguntan, existen ocho y media inteligencias, es por eso que la referenciamos en esta investigación.

Otro planteamiento de esta teoría es la posibilidad de presentar información que estimule el núcleo de una inteligencia, pero que se refiere a otra. Al igual que los procesos mentales, la interrelación y la interacción de las diferentes inteligencias según Gardner conforman al individuo. Cada una de ellas también se referencia en una parte fisonómica del cerebro y da paso a procesos mentales. Cabe mencionar que no todas las inteligencias funcionan de la misma manera ni se reflejan exactamente igual en el cerebro de los humanos (Salmelin, 1994). El funcionamiento de cada una de las inteligencias depende de sus propias características, pero sobre todo, y a nivel individual, depende de las funciones rudimentarias de cada individuo.



---

## *Neurofisiología y cognición: procesos cerebrales y procesos mentales*

Una de las cuestiones fundamentales sobre las operaciones psíquicas que plantea Vygotski de las inteligencias múltiples de Gardner, de la teoría de la evocación de de la Garanderie, y de cualquier teoría psicopedagógica, es comprender cómo es que el proceso cerebral se convierte en proceso mental. Nadie ha explicado el proceso real; se han hecho muchos acercamientos desde diferentes puntos de vista y en diferentes disciplinas, pero la verdad es que aun ahora, con los avances tecnocientíficos, no hemos podido dilucidar cómo es que un estímulo eléctrico recogido a través de una interfaz fisiológica como los ojos, pueda convertirse, en tiempo real, en pensamiento, que interactúa con lo previo existente en estado virtual, se actualiza y se vuelve a virtualizar.

Los estudios de la mente humana se han dividido en dos: los estudios de neurofisiología y de cognición. Los primeros son los referentes a lo físico químico y morfológico del cerebro y describen ampliamente las zonas que se estimulan, cómo lo hacen y cómo es que el cerebro a nivel fisiológico lleva a cabo sus funciones. La segunda rama de estudios también ha sido ampliamente estudiada y son los procesos psíquicos, incluyendo las funciones rudimentarias y las funciones superiores en términos de Vygotski. Aquí retomaremos aquellos conceptos pertinentes para la explicación de los procesos mentales y que ya han sido abordados con anterioridad.

La división conceptual entre cerebro y mente proviene de los griegos. Platón creía que la *pysque* era un ente inmaterial encargado del cuerpo y sus movimientos. También desde esa época se han hecho disertaciones sobre el papel que juega la memoria en el desarrollo del individuo y en su aprendizaje. Tal es el caso de los tratados acerca de la memoria y la remembranza de Aristóteles. Ya en el siglo XVII, René Descartes propone que la mente y la materia (que sería el cerebro) son diferenciados, aun cuando son capaces de interactuar.

Actualmente, una de las corrientes filosóficas que reflexiona acerca del cerebro y la mente es la *reduccionista*, la cual postula que las disciplinas que intervienen en el estudio de la mente y el cerebro terminarán por concentrarse en una sola, es decir, que se reducirán debido a los nuevos conocimientos; alguna de ellas perderá validez como disciplina independiente. La corriente reduccionista también es conocida como teoría del paralelismo psicofísico de Spinoza o William James (Viana, 1995). Ésta supone que cualquier percepción responde a un estado neurofisiológico dado, y cuando se reproduce ese estado neurofisiológico, se reproduce la percepción. En esta corriente filosófica se puede enmarcar la teoría de De la Garanderie. La teoría de la evocación, anteriormente expuesta, plantea la capacidad de que a través de procesos mentales, o funciones psíquicas superiores, se pueden evocar momentos precisos o percepciones precisas que nos permitan aprender más asertivamente. Aquí estaremos utilizando como sinónimos los procesos mentales y las funciones superiores en términos establecidos por Vygotski.

Una de las funciones superiores es la capacidad misma que tiene el cerebro para generar operaciones mentales que busquen en la estructura cognitiva del individuo para reflexionar sobre sus propios procesos mentales y generar conceptos y conocimientos más complejos. Actualmente los avances tecnocientíficos han permitido el acercamiento al funcionamiento cerebral a través de las técnicas clínicas antes descritas en el apartado *Técnicas de análisis del cuerpo humano*. Así, los investigadores han podido discernir la relación entre lo morfológico y lo fisiológico del cerebro que tiene que ver con funciones físico-químicas y las operaciones mentales que hay como resultado.

La capacidad de sentir, es decir, de tener sensaciones, es innata. Se trata de una capacidad individual con la que nacemos. La percepción, en cambio, es una capacidad individual fruto de un aprendizaje que depende



de las experiencias de vida, del entorno y de las características personales. Así, a través de nuestras experiencias vamos moldeando nuestras sensaciones para obtener una percepción de tipo subjetiva. Esa percepción es la que nos otorga la individualidad. Esa percepción sería la que, con base en las funciones rudimentarias del individuo, va a permear la manera en la que los datos externos son interpretados por la mente, es la manera de interpretar al mundo, de percibirlo. También tiene relación directa con el modo de evocar. Según la forma de percibir el mundo es cómo el individuo evocará su propia estructura cognitiva. Por ejemplo, las conexiones entre un sonido y una imagen visual son producto de un aprendizaje, “todas estas asociaciones de ideas deben establecerse a través de la experiencia y forman parte importante del aprendizaje que se lleva a cabo en niños pequeños” (Viana, 1995). A su vez, estas conexiones son lo que nos va a permitir el acto de evocar, al mismo tiempo que conforman las funciones rudimentarias del individuo, los conocimientos y experiencias previos.

Son diversas las ciencias que incluyen en su campo de estudio los eventos mentales como los cerebrales. La presente investigación tiene como objetivo interrelacionar estos procesos en la visualización y evocación de una interfaz de aprendizaje digital. Lo anterior involucra los aspectos fisiológicos y los aspectos de índole mental, es por eso que en este apartado se intenta interrelacionar ambos para poder dar bases a la interpretación de la parte empírica.

Según Rosenblueth (2004: 36), “los eventos mentales están invariablemente correlacionados con el desarrollo de procesos fisiológicos en los cerebros de los organismos animales que los perciben”. Dentro de la evolución filogenética, entre mayor jerarquía tiene una especie animal en la escala evolutiva, mayor es la masa relativa de su cerebro y la complejidad anatómica del mismo. Algunas especies de animales, incluyendo al ser humano, tienen comportamientos indicativos que se acompañan y se determinan por experiencias mentales.

Las experiencias mentales se caracterizan porque no son reflejos innatos ni condicionados y porque favorecen la adaptación, puesto que son valiosos para la supervivencia de los organismos que los ejecutan (Rosenblueth, 2004: 37). En el concepto de experiencias mentales que utiliza Rosenblueth podemos reconocer similitudes con el concepto de funciones superiores que maneja Vygotski, ya que nos habla de comportamientos aprendidos (no innatos ni condicionados), generados a través de la interrelación con un medio que permite la convivencia con éste (favorece la adaptación) y, por lo tanto, la supervivencia de quien los ejecuta. La construcción de conocimiento que se plantea a través de estímulos medios auxiliares y de la puesta en marcha de las funciones superiores es, entonces, una experiencia mental según los términos de Rosenblueth.

Rosenblueth (2004: 37), interrelaciona las funciones mentales con las cerebrales cuando plantea:

[...] El comportamiento consciente no aparece en la serie evolutiva más que cuando el sistema nervioso de las especies y su complejidad de organización alcanzan un nivel relativamente elevado. Hay además un paralelismo grueso entre el grado de desarrollo y de organización del sistema nervioso central y la variedad, versatilidad y riqueza del comportamiento consciente de los organismos correspondientes.

Lo descrito por Rosenblueth da pie a la premisa de que lo que sucede a nivel fisioanatómico tiene como consecuencia un efecto en la conciencia del individuo. Así, se puede suponer que al estar un individuo expuesto a un estímulo medio auxiliar de tipo digital, es decir, de tipo lumínico, se generan suficientes reacciones en





---

cadena dentro del órgano de la vista y del cerebro en sí, que producen sinapsis suficientes para generar pensamiento, que el mismo individuo relaciona con sus propias funciones rudimentarias, para a su vez generar nuevo conocimiento o nuevo pensamiento, es un movimiento rizomático de vaivén que permite que el conocimiento se modifique constantemente.

Según Rosenblueth (2004: 37), en la evolución ontogenética también hay un paralelismo entre el desarrollo del cerebro y la complejidad de los comportamientos conscientes: “Conel [1939-1947] mostró que las arborizaciones dendríticas y las interconexiones celulares son muy exiguas en las áreas sensoriales primarias y en las asociativas del recién nacido, y que la densidad dendrítica aumenta considerablemente durante los dos primeros años.” Esta relación entre la evolución ontogenética en el ser humano asociada a los procesos de aprendizaje puede interpretarse como que la construcción de la estructura cognitiva se da a partir de estímulos que fisiológicamente permiten el crecimiento de las conexiones neuronales. Así, en términos generales, corresponde directamente la exposición a estímulos medios auxiliares en una significación social, a la complejidad de la estructura cognitiva y a la complejidad de las funciones superiores que un individuo lleva a cabo. Dicho de otra manera, un individuo expuesto durante toda su vida a mayor cantidad de estímulos apropiados, genera un mayor número de conexiones dendríticas y lleva a cabo funciones superiores más complejas. Aun así, el cerebro humano tiene sus propias limitaciones según la evolución ontogenética, que si bien sí hay estudios específicos sobre la estimulación temprana de un bebé, el desarrollo del lenguaje del mismo, y el proceso y el tiempo que conlleva este desarrollo, limitan al bebé a tener más conexiones dendríticas que un adolescente.

Por otro lado, en el cerebro también influyen otros factores para que se dé la percepción. Uno de los factores que puede tener injerencia en la manera de percibir y de actuar de un individuo son las hormonas. El sistema nervioso central es sensible a la mayoría de los cambios en el equilibrio homeostático, lo que quiere decir que los cambios o perturbaciones que fisiológicamente afectan al cerebro repercuten en los procesos mentales (Rosenblueth, 2004: 39),<sup>26</sup> de ahí que desde cierto enfoque, la psiquiatría estudie las enfermedades mentales debidas a deficiencias químicas en el cerebro, por ejemplo. Otro factor artificial, es decir, externo al individuo y que tiene que ver con su conducta, es el consumo de drogas. Bajo la acción de éstas, ya sean legales o ilegales, el individuo modifica su conducta y su percepción: el esquizofrénico controla su comportamiento, por ejemplo. El proceso de evocación del que nos habla de de La Garanderie, se basa en la estimulación de los lóbulos temporales, los cuales son los responsables de que un individuo reviva eventos de su pasado (Rosenblueth, 2004: 44).

La actividad cerebral es observable a través de diferentes técnicas de las que ya hemos hablado. La actividad que tienen los elementos nerviosos implican necesariamente el desarrollo de fenómenos eléctricos y magnéticos que se pueden registrar, medir y localizar. Éstos son los signos de los procesos funcionales neuronales. Cuando se da la sinapsis, entonces se da el pensamiento. Las conexiones dendríticas complejas conllevan a un pensamiento complejo a través de la sinapsis, entonces, cuando se observa un cerebro estimulado se están llevando a cabo procesos mentales. Una de las áreas totalmente identificadas por medio de numerosos estudios a través de muchos años es la que se encarga de las percepciones visuales. Su estimulación genera percepciones que están relacionadas con el contexto social en el que se llevan a cabo. En el siguiente capítulo se abordan la percepción visual y la cognición dentro del ámbito del diseño de interfaces digitales de aprendizaje, ya que es importante generar diseño que de origen considere lo diferentes elementos sociales que pueden impactar

---

<sup>26</sup> Esto ya lo había planteado la teoría de la GM al tomar en cuenta el cerebro límbico y primario.





---

al aprendizaje. Es decir, el proceso de diseño de una interfaz educativa tiene que considerar su propia conversión en una significación que permita la evocación a través de inteligencias múltiples para generar o apuntar a un aprendizaje significativo. Las características formales del diseño son susceptibles a generar una evocación que permita la interacción rizomática del conocimiento previo con la actividad cerebral, y que al tiempo genere conocimiento nuevo. Bajo las premisas expuestas en este capítulo, la disposición, jerarquización y diseño de interfaces educativas digitales, permean en la capacidad y forma en que los ciclos rizomáticos de la actividad sináptica pueden generar conocimiento.



## *Diseño de significaciones visuales digitales*

Como se precisa en el apartado *Los aportes teóricos de Lev S. Vygotski*, éstos residen en que una significación es un conjunto de signos o señales artificiales que se crean y se emplean en actividades sociales e individuales y que establecen nuevas conexiones en el cerebro. Así, una significación visual es un conjunto de signos visuales.<sup>27</sup> La disposición, jerarquización y diseño de los elementos que van a conformar la interfaz educativa digital, tienen la capacidad de evocar conocimientos previos para interactuar con ellos y generar conocimientos nuevos. Por eso es importante dilucidar y debatir en la importancia real del diseño en los procesos mentales asociados a la generación de conocimiento nuevo.

Las significaciones visuales digitales son aquellas que se realizan en una computadora y para su uso en un medio digital; cuando se habla de significaciones visuales digitales nos referimos a interfaces que tienen como objetivo el aprendizaje digital, sin embargo, en otros contextos el concepto puede abarcar significaciones con otros fines. El diseño de estas significaciones se conoce como diseño digital. A pesar de que el diseño digital en términos generales puede ser usado para tener productos en diversos soportes o formatos, como el impreso, aquí nos centraremos en el diseño que se realiza para su uso en una pantalla.

El aprendizaje digital o electrónico es el objetivo principal de las pruebas empíricas que dan razón a esta investigación, a través de la evocación de los elementos formales de la significación educativa. Las significaciones que se diseñaron son digitales y se visualizan a través de una computadora. No obstante, es necesario aclarar que los sitios que presentan algún contenido específico de aprendizaje digital son mucho más complejos en su planeación y realización. Un sitio de aprendizaje digital debe considerar un diseño instruccional adecuado, que haya verificado las variables como: diseño digital, diseño Web, contenidos, navegación, hipermedia, psicopedagogía y grupo objetivo. La presente investigación trabaja únicamente con una significación visual digital que simula una interfaz educativa compuesta de una única pantalla, puesto que lo central es la interrelación entre ésta y el aprendizaje desde las funciones cerebrales y mentales. Para mayor referencia sobre la ciberpsicopedagogía gráfica puede consultarse mi libro *Diseño e imagen digital de interfaz*.

Así, el objetivo de esta investigación es verificar si existen datos suficientes que sugieran el nivel de determinación en la interrelación entre los procesos cerebrales y los mentales al visualizar una interfaz digital, y el aprendizaje en un lapso de máximo cuatro meses. Esta interfaz es una propuesta de diseño en la que se manejan variables como el color y la ubicación de los menús dentro de una significación visual digital para un sitio de aprendizaje digital. Se busca identificar qué interfaz es más proclive al aprendizaje, a través de la evocación, para dar sustento al diseño de las significaciones visuales digitales utilizadas en un sitio de aprendizaje digital posteriormente.

---

<sup>27</sup> Toda significación pasa por una representación, ésta, a su vez, contiene un componente cognitivo y otro social de tal manera que el primero comprende a un sujeto activo y una textura fisio-psicológica que está expuesta a reglas cognitivas, mientras que el componente social determina la puesta en práctica de los factores cognitivos y sigue reglas que si bien están vinculadas a lo psíquico, también son diferentes. Por lo que las representaciones son racionales y al mismo tiempo irracionales. Cfr. Gilberto Jiménez Montiel (2005): *Teoría y análisis de la cultura*, México: CONACULTA. Vol. I. En función a lo referido, las representaciones que realicen nuestros sujetos observados elaborarán representaciones a partir de los signos artificiales expuestos, que serán integradas a un marco asimilable y comprensible para ellos, en coherencia con su funcionamiento cognitivo y con los valores sociales a los que se adhieren (Ortiz, noviembre de 2008).



Uno de los elementos importantes en el diseño de una interfaz de aprendizaje digital es la capacidad de permitir la no-linealidad y de facilitar el acceso a los contenidos desde diversos puntos en pantalla. De manera natural, los sitios de aprendizaje digital son desplegados y diseñados para la Web a través de Internet. Aun cuando hay otros modos de presentar un aprendizaje digital, como son el *Web Based Training* (WBT) y el *Computer Based Training* (CBT), el Internet es el medio más común y de más fácil acceso a todos los posibles alumnos. El diseño de significaciones visuales digitales al que se refiere la presente investigación es en principio para pantallas de aprendizaje digital asíncrono a distancia; no obstante, como las pruebas empíricas se realizan con una pantalla genérica digital, son válidas para todos los cursos de aprendizaje digital sin importar el soporte en el que se encuentren.

Las significaciones visuales digitales se caracterizan por la no-linealidad de la información que despliega a través de Internet con una navegación con base en hipertextos. La no-linealidad ha cambiado la concepción de narración y de lectura (Royo, 2004:16). Esta perspectiva es paradójica en sí misma, y nos da la oportunidad de navegar sobre hechos creativos e informaciones desplegadas en una pantalla de manera horizontal, pero a la vez no podemos negar la linealidad del tiempo en el que transcurre nuestra vida; así, el ser humano comienza a vivir en dos dimensiones, una la real y otra virtual. En la primera, el tiempo es cronológicamente irreducible e intransformable; en la segunda, el tiempo es virtual y simbólico, por lo tanto, circular. Esta doble perspectiva del tiempo que en nuestro días es tan común, converge en la educación a distancia digital o electrónica. Diríamos que uno es el tiempo cronológico y otro el de la formación con sus vaivenes.

El diseño de un sitio de aprendizaje digital tiene una interfaz que rige a las diferentes significaciones visuales digitales que lo componen. En la terminología técnica de Internet, un sitio está compuesto por varias páginas Web, es decir, que una pantalla se considera una página; y un conjunto de pantallas o de páginas constituyen un sitio. La significación visual rectora del sitio se mantiene constante y es visualizada todo el tiempo que el alumno se encuentre navegando en él. Se conforma de botones y ligas que despliegan la estructura del sitio y el diseño instruccional del mismo. También se encuentra entre ellos los botones o las ligas a lugares comunes como la “ayuda”, las “preguntas frecuentes” y otros accesos que le confieren independencia al alumno y le permiten transitar mejor por el sitio.

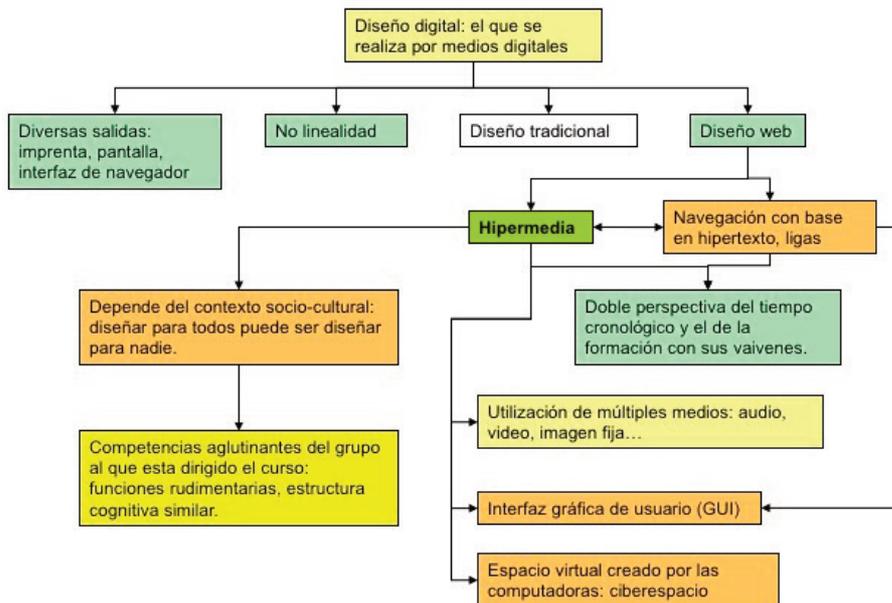
El diseñador siempre tiene que tomar en cuenta al usuario (término Web para designar al grupo objetivo, al estudiante), debe diseñar para alguien, porque diseñar para todos puede ser diseñar para nadie. En el caso de la educación a distancia esto se acentúa al tener que considerar las competencias que tiene el alumno del curso que se va a diseñar. Por cuestiones de practicidad en el diseño, no podemos diseñar el mismo contenido infinidad de veces, por lo que deben tomarse en cuenta las características aglomerantes del grupo de alumnos para los que se va a diseñar. Es por eso que en la selección del grupo de individuos que participan en el estudio empírico de esta investigación, la principal meta fue seleccionar aquellos cuyas funciones rudimentarias fueran suficientemente similares (véase apartado *Análisis de los resultados*). Sin embargo, con base en el dicho de Vygotski que se puede actuar en la memoria de los demás de manera similar que en la propia (Vygotski, 2000, t. III), el sitio de aprendizaje digital que utilice la interfaz más óptima tendrá el mismo efecto (o relativamente el mismo efecto) en un grupo de individuos mayor que el que comprende la muestra empírica de esta investigación.

El diseño digital nos ofrece múltiples opciones de audio y video que están siendo incorporadas. En sus inicios, la interfaz gráfica de usuario (GUI en inglés: *Graphical User Interface*), se basó principalmente en la página escrita (Royo, 2004:25). El diseño de la educación a distancia en línea también esta muy emparentado con



ella, muchos de los sitios de aprendizaje digital son meros textos planos que no aprovechan el medio digital para fomentar un aprendizaje significativo. Sin embargo, en los últimos años ha habido un interés por incluir aquellos elementos de la hipermedia que coadyuvan al aprendizaje significativo. El reto del diseño digital es aprovechar el medio con todas las posibilidades que nos ofrece. En otras investigaciones se han verificado o se verificarán las posibilidades y los efectos de otras características de hipermedia que pueden fomentar el aprendizaje significativo, además de las significaciones visuales digitales sin hipermedia, como es el caso de la presente investigación.

El diseñador digital debe conocer el medio lo mejor posible para poder aprovecharlo, el primer punto a considerarse es que el espacio virtual es un medio bidimensional donde se pueden desplegar tres dimensiones, o hasta cuatro considerando el tiempo. Asimismo, debe conocer las aplicaciones que se han desarrollado para la creación de contenidos. En tanto mejor conozca el diseñador los elementos con los que puede y debe trabajar, mejores serán los resultados que obtenga. El diseñador debe completar su trabajo no sólo ofreciendo un diseño “estético”, sino un diseño completo, funcional y con base teórica, ya que, como anteriormente se mencionó, el diseño de interfaz debe ser un facilitador (véase el apartado *De los dispositivos educativos visuales digitales*).



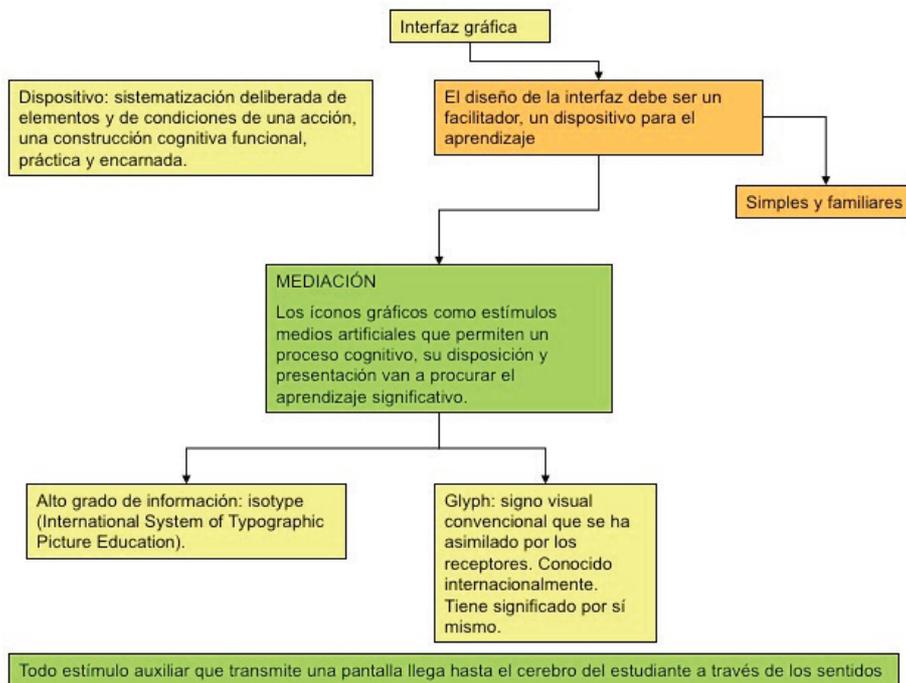
Esquema 1. Sobre el diseño digital.  
Fuente: Elaboración propia

### *Las interfaces digitales y sus elementos gráficos*

En las primeras etapas de las computadoras no había interfaces gráficas que nos permitieran interactuar fácilmente con ellas. Las interfaces han ido desarrollándose para facilitar nuestra interacción. Actualmente, casi todas son interfaces amigables con el usuario y basadas en gráficos. La primera compañía en utilizar íco-

nos para facilitar el uso de sus productos fue Xerox, que creó el ícono de una hoja de papel con la esquina izquierda superior doblada para simbolizar un documento, dicho ícono se utiliza hasta nuestros días de manera universal.

Una característica del diseño de las interfaces es que debe administrar la información y estructurar los íconos adecuados en el momento justo, el lugar perfecto y con el contenido preciso (Royo, 2004: 68). Los íconos de las interfaces gráficas se convierten en estímulos o medios auxiliares que determinan la conducta del alumno en un curso a distancia. Ahí radica la importancia del diseño, tanto de los íconos como de la significación visual educativa. Al profundizar en el análisis del diseño digital hay que hacer una distinción entre símbolos gráficos y los signos según la acepción de Vygotski. A lo largo del tiempo se ha hecho una diferencia entre aquellos símbolos gráficos que ahora constituyen los alfabetos y aquellos que no son alfabéticos como los logotipos o los íconos. El signo, según Vygotski (véase el apartado *Los aportes teóricos de Lev S. Vygotski*), es un estímulo medio auxiliar que permite la decisión sobre una acción determinada, pero no necesariamente es un símbolo gráfico. Para fines aclaratorios en esta investigación, al símbolo gráfico lo llamaremos *ícono*, mientras que al signo vygotskiano lo llamaremos de esa manera.<sup>28</sup>



Esquema 2. Interfaz gráfica.  
Fuente: Elaboración propia

<sup>28</sup> Para saber más acerca de la historia de los Isotipos y de los Glyph, puede consultar mi libro *Diseño e imagen digital de interfaz*, publicado en 2014.



---

Las interfaces deben ser simples para que el usuario tenga una mejor comprensión, así los íconos que las componen deben de estar limitados a los que el usuario va a utilizar en esa página determinada. Al mismo tiempo, debemos de resaltar los íconos según su importancia o el seguimiento que llevan dentro de una navegación. En la significación visual digital, cada ícono debe ser tratado como un estímulo auxiliar que permitirá la construcción de nuevo conocimiento en el alumno. La presentación de estos íconos va a depender del diseño instruccional.

Los gráficos dentro de una significación visual digital educativa pueden indicar una liga o hipertexto, o pueden ser parte del contenido. De cualquier manera, por las características técnicas de la red y la posibilidad de transmisión de contenidos, es recomendable que lleven un trabajo de optimización de resolución y de color para que su despliegue en pantalla sea en el menor tiempo posible.

Los gráficos en una significación visual digital educativa se dividen en dos: las imágenes dentro del contenido, que no se consideran en la investigación, y las que forman parte de la interfaz. Las imágenes dentro del contenido forman parte de la presentación de la información y pueden ser imágenes fotográficas o imágenes creadas por computadora. Los formatos que se pueden incluir en este tipo de desarrollos gráficos están limitados a los que pueden ser interpretados por un navegador. El trabajo del diseñador debe realizarse en editores de imágenes como el Adobe Photoshop (bitmap) y el Adobe Illustrator (vectorial), y por seguridad debe conservarse una copia de todos los archivos en alta resolución y en sus formatos fuente.

A su vez, las imágenes vectoriales son aquellas que se realizan en la computadora y que están hechas a base de operaciones matemáticas que permiten escalar sin que se produzca el efecto llamado pixelación, que implica que se vean los puntos de las imágenes. Las imágenes bitmap, como su nombre en inglés lo indica, son mapas de bits o de puntos, éstas pueden pixelarse si se amplían demasiado y la resolución es baja. Los navegadores únicamente leen las imágenes bitmap, por lo que las que se generen en programas vectoriales deben ser exportadas en formatos que las conviertan en mapas de bits.

Como el peso (tamaño) de los archivos es importante debido a la capacidad de transmisión del Internet, todas las imágenes deben ser optimizadas. Aun cuando se trate de CBT o WBT, la mejor opción es optimizar las imágenes debido al ahorro significativo que implica para el despliegue en pantalla por cualquier aplicación.

La optimización de una imagen implica dos pasos, el primero es bajar la resolución a 72 dpi's, que es la resolución de cualquier pantalla, por lo que no tiene sentido que sea mayor. Es importante que las imágenes en un sitio estén al tamaño que se va a desplegar en el momento de bajar la resolución, si se inserta una imagen de mayor tamaño se pierden detalles al comprimirse el punto y pesa mucho más la imagen, es decir, se pierde en transmisión y calidad. Si se inserta una imagen a 72 dpi's en una escala mayor que la original, la imagen se pixela, de manera que se pierde calidad. En este sentido el diseñador debe trabajar la imagen original, guardarla y sacar una copia al tamaño que la necesita insertar y en baja resolución.

El segundo paso de la optimización tiene que ver con la capacidad de reducir colores para que el tamaño del archivo sea menor; a mayor número de colores es mayor la cantidad de bits que utiliza en el disco duro. El proceso para la reducción de colores está relacionado con el formato de la imagen. Los formatos que pueden ser interpretados por los navegadores son: gif (*graphic interchange format*), jpg (*join photographs experts group*), y png (*portable network graphics*).





---

El formato gif es utilizado preferentemente para plastas y gráficos de color definido, optimiza los colores reduciendo la paleta que llevan añadidos los archivos. Soporta una técnica de optimización llamada *dithering* o fusión de color que reduce el número de colores en la paleta de la imagen. El formato gif utiliza como máximo 256 colores indexados y soporta transparencia, a diferencia del jpg.

El formato jpg es utilizado preferentemente en fotografías o imágenes de tonos continuos, su optimización se basa en la unión de colores limítrofes parecidos. Hay cuatro niveles de optimización para los archivos jpg: bajo, medio, alto y máximo. El formato jpg genera archivos más pequeños que el png.

El formato png se caracteriza por tener calidad en plasta y tonos continuos, se podría decir que es la combinación de los formatos gif y jpg, aunque no está consolidado en la red y su método de optimización aún no genera archivos más pequeños que los otros dos formatos. Tiene capacidad para trabajar imágenes de 8, 24 y 32 bits y también permite transparencia.

Las imágenes utilizadas en la interfaz también necesitan tener alguno de estos formatos, generalmente se denominan íconos y en el caso de los cursos de una significación visual digital educativa van a ser los estímulos medios auxiliares que le den pistas al alumno en la navegación del curso.

En general los íconos de las computadoras tienen un tamaño de 32 x 32 píxeles, sin embargo, este tamaño puede variar según las necesidades propias del diseño del curso. Los íconos son imágenes que generalmente están presentes en todas las páginas del sitio, deben tener una coherencia visual y equilibrar la simpleza con la información. Algunos de los íconos de la red están arraigados en la conciencia colectiva, por lo que cambiarlos drásticamente puede causar confusión en los alumnos y pérdida de tiempo y esfuerzo tratando de descifrarlos. La programación Web permite una función que técnicamente se conoce como etiqueta alternativa, ésta despliega una explicación tipográfica de la acción que realiza el botón. Aunque es recomendable que todos los botones (íconos con interactividad) la tengan, lo ideal es que el ícono por sí mismo se explique. Es recomendable que las imágenes que conformen los íconos le sean familiares a los alumnos, así será menor el tiempo en que los incorporen al funcionamiento natural del sitio y podrán recordar su función más fácilmente.

Actualmente, hay aplicaciones que permiten que el proceso de optimización de las imágenes sea controlado por el diseñador para que se evalúe la pérdida de información de color y la calidad, así se tiene una idea de cómo se verá la imagen en el navegador del usuario.

Todo estímulo auxiliar que transmite una pantalla llega hasta el cerebro del alumno a través de los sentidos. A pesar de que la tecnología actual permite la participación de otros sentidos como el oído, el sentido principal para el medio digital es la vista, que a través de su órgano, el ojo, lleva los estímulos codificados hasta el cerebro, donde se interpretan y se transforman en conocimiento.

### *Percepción visual y cognición*

Los estímulos auxiliares visuales que una pantalla despliega llegan al cerebro a través del órgano de la vista. Dichos estímulos tienen como características principales la forma, el tamaño, la ubicación y el color. Esos tres aspectos jerarquizan a los elementos que componen la significación visual digital. Su interpretación





---

depende de la percepción del ojo, que lleva los impulsos eléctricos al cerebro (véase el apartado *El ojo: impulsos eléctricos, el cerebro y la interpretación cerebral*).

### *El diseño visto por el ojo*

A través del ojo percibimos las imágenes externas, que en el caso de la interfaz gráfica de un curso de aprendizaje digital son los íconos constituidos en significaciones visuales vyotskianas, como se especificó anteriormente en este capítulo. El cerebro percibe imágenes del exterior mediante un proceso regido por la fisonomía del ojo en el que intervienen los códigos eléctricos de la luz en su comportamiento dual de onda-partícula interactuando con la materia. En el caso específico de la pantalla, la materia formará los puntos o píxeles de los que está hecho el monitor.

El código eléctrico fisiológico que el ojo manda al cerebro para su interpretación mental es susceptible a procesos de corrección y adaptación por parte del propio órgano visual. Es importante saber que el cerebro recibe un código corregido por el ojo para su interpretación, ya que hay efectos en la percepción de los colores según sea el tipo de corrección visual. Antes de describir las adaptaciones según Küppers (©Harald Küppers),<sup>28</sup> cabe aclarar que hay factores ambientales y de configuración de los equipos que no son controlables por el generador (el diseñador / el programador) del sitio de aprendizaje digital, sino que son dependientes en su totalidad del usuario. Lo anterior puede, por supuesto, favorecer que la diversidad de percepciones y de interpretaciones se amplíe, por lo que es fundamental que se especifiquen las características de calibración y de ambientación para que se fomente un aprendizaje significativo. Esto no sucede si la interfaz educativa es aplicada en un lugar con ambientación y equipo calibrado acorde y proporcionado por los generadores del sitio de aprendizaje digital.

La primera adaptación del ojo humano es a la intensidad de la luz. El iris se dilata o contrae dejando pasar cantidades de luz suficientes para que veamos (©Harald Küppers). Un ejemplo de esto es cuando entramos a una zona de poca luz, la pupila se abre y llega un momento en que somos capaces de distinguir los objetos que se ven de colores distintos a como se ven en plena luz. Cuando nos encontramos en ambientes con poca luz, los colores se perciben mucho menos intensos, en el caso de los colores de la pantalla sucede al contrario, pues son colores emitidos por luz que en un ambiente oscuro destellan más intensamente y el cerebro los percibe más brillantes. Esto puede modificar la percepción del estímulo auxiliar de una interfaz, y por lo tanto la interpretación y la incorporación a la estructura cognitiva del alumno al modificar los procesos mentales de los que es objeto.

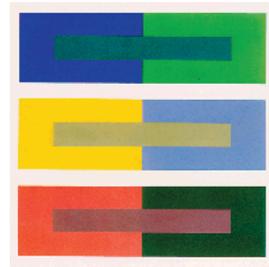
La segunda adaptación del ojo la hace cuando la luz está coloreada. Esta coloración de la luz se puede dar a través de un elemento de color como un vidrio amarillo o a través de gases atmosféricos, y modifica los colores de los objetos (©Harald Küppers). Esta adaptación es prácticamente imposible en los monitores, no obstante, puede darse el caso que el alumno utilice protectores de color ante el monitor, lo que modificaría los colores de la interfaz, ya sea para verse menos o más intensos, por ejemplo. El mismo efecto se produce con los lentes para computadora, que en aras de proteger el ojo del usuario, cambian los colores de la luz que emite el monitor.

---

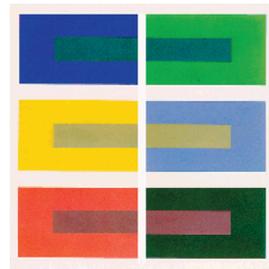
<sup>28</sup> El sitio electrónico sobre la Teoría del color de Harald Küppers ha cambiado de dominio, para mayor información revise las referencias de este libro.



La tercera adaptación del ojo es cuando los colores aparecen juntos y se llama contraste simultáneo. En ésta, se modifica la interpretación del color según los colores que lo rodean, es la habilidad para cambiar los aspectos de color por la influencia de los colores limítrofes, y ayuda al ojo a tener una mejor lectura de los objetos (©Harald Küppers). El contraste simultáneo es importante en el diseño de una interfaz para economizar recursos y lograr enfatizar algunos de los estímulos auxiliares en aras de su correcta interpretación. Es un recurso gráfico utilizado generalmente para identificar las ligas o los elementos interactivos de una página.



Las formas son percibidas a partir de la diferencia de colores, es decir, que la percepción en tercera dimensión se da a través de juegos de luz y sombra, y de diferenciación de colores; lo que plantea al diseñador un reto al utilizar elementos bidimensionales para la representación de objetos tridimensionales. En el caso de las interfaces educativas, éste efecto visual debe preponderarse al igual que los demás aspectos. El hecho de utilizar efectos visuales atractivos no asegura que el aprendizaje tenga lugar, incluso puede darse el caso de que lo inhiba.



En analogía con el sistema visual humano, el monitor cuenta con tres tipos de puntos: rojos, azules y verdes. A través de las combinaciones de estimulación de estos puntos se produce el color en el monitor, igual que la sensación de color en el cerebro. Esta estimulación, en ambos casos, está dada a través de la luz; sin luz no hay sensación de color de la materia, y menos de color en el monitor que funciona con luz. De la luz depende el color que la mente interpreta, y depende de su comportamiento como partícula el código que va a recibir el ojo (véase el apartado *El ojo: impulsos eléctricos, el cerebro y la interpretación mental*).

La sensación de color que interpretamos es, entonces, el resultado de las ondas lumínicas rechazadas por las moléculas que conforman la materia. En el caso del monitor, las ondas lumínicas estimulan los puntos o píxeles RGB que lo conforman, la combinación

Figura 7. Ejemplos de contraste simultáneo, a pesar de que el rectángulo interno es del mismo color, su interpretación cambia al estar rodeado de diferentes colores. Fuente: Tomado de Harald Küppers, disponible en [http://kuepperscolor.farbaks.de/es/funktionsprinzip\\_des\\_sehens/wann\\_und\\_warum\\_farben\\_ihr\\_aussehen\\_veraendern.html](http://kuepperscolor.farbaks.de/es/funktionsprinzip_des_sehens/wann_und_warum_farben_ihr_aussehen_veraendern.html)

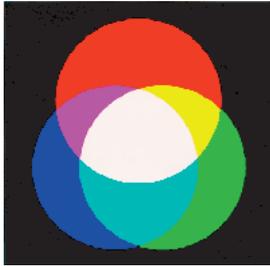


Figura 8. Colores primarios luz. Mezcla aditiva.  
Fuente: Tomado de Harald Küppers, disponible en [http://kuepperscolor.farbaks.de/es/farbmischgesetze/die\\_additive\\_mischung.html](http://kuepperscolor.farbaks.de/es/farbmischgesetze/die_additive_mischung.html)



Figura 9. Colores primarios pigmentos. Mezcla sustractiva.  
Fuente: Tomado de Harald Küppers, disponible en [http://kuepperscolor.farbaks.de/es/farbmischgesetze/die\\_subtraktive\\_mischung.html](http://kuepperscolor.farbaks.de/es/farbmischgesetze/die_subtraktive_mischung.html)

de esto da la sensación de color. Dependiendo del tipo de monitor varía el color obtenido y la fidelidad de las imágenes. Los monitores pueden ser de rayos catódicos, de cristal líquido, de emisión de campo o de plasma. Todos tienen características técnicas diferentes y despliegan con distinta calidad los colores.

Las combinaciones que resultan al estimular lumínicamente los puntos RGB en diferentes intensidades son las responsables de que percibamos e interpretemos millones de colores de un monitor, estas combinaciones responden a un patrón de comportamiento de los colores.

### *Teoría del color*

La luz reflejada por la materia tiene como resultado una sensación de color en el cerebro. Esta sensación depende de la combinación de las ondas lumínicas reflejadas que responde a un comportamiento físico determinado y puede tener repercusiones anímicas en el que las percibe. Este comportamiento es conocido como teoría del color y se basa en dos sistemas principales: colores pigmento y colores luz.

Los colores pigmento son los que se utilizan en impresos con base en tintas, los colores luz son aquellos que se producen basados en el estímulo de determinadas ondas lumínicas en el espacio. Para el diseño es importante recalcar la diferencia entre los dos sistemas, pues los colores resultantes de la combinación de los colores primarios de cada sistema tienen diferencias significativas. El diseñador debe tener en cuenta el soporte final del diseño para determinar que sistema utilizar. En el caso de las interfaces gráficas que despliegan en pantalla, se debe trabajar con el sistema RGB, puesto que es el que utiliza el monitor.

Los colores primarios luz son: verde, azul y rojo (RGB, por sus siglas en inglés *red*, *green* y *blue*). Hablamos de color luz cuando tenemos luz blanca o solar. Los colores luz se mezclan *aditivamente*, es decir, que la suma de los colores primarios luz dan



---

como resultado blanco. En los colores luz la ausencia de color es el negro, que sirve de base para el resto de los colores y llena todos los valores de diferencia (©Harald Küppers).

Los colores primarios pigmento son: cyan, magenta y amarillo (CMYK, por sus siglas en inglés, *cyan, magenta, yellow* y *black*, el negro se incluye para dar definición a la impresión). La suma de ellos da negro y la ausencia es el blanco. Esta mezcla de colores se le conoce como *sustractiva* (©Harald Küppers). Este sistema es el más conocido, todos los impresos lo utilizan y el resultado de la combinación de los colores primarios pigmento tiene variaciones al resultado de la combinación de los colores luz. Los colores pigmentos están relacionados con la capacidad de los materiales de absorber la luz.

El blanco y negro se consideran acromáticos, es decir, que no son colores sino la suma o la ausencia de los mismos, dependiendo del sistema que se esté trabajado. Pero el monitor de la computadora tiene un comportamiento mixto, despliega en un entorno de colores luz, pero su función inicial, ya que se convirtió en una máquina para diseñar, era la creación de diseños que iban a imprimirse, por lo que emula el sistema pigmento en un sistema luz.

#### El color en los monitores

A fin de obtener el mejor resultado del sistema de color luz que manejan los monitores, existen ciertas precisiones que el diseñador debe tomar en cuenta. El sistema de colores luz (RGB) alcanza mayores niveles de saturación que los colores pigmento, y es mayor el número de colores resultantes de su combinación. Sin embargo, la percepción de dichos colores está limitada por la profundidad de color del monitor y por la plataforma que se utilice.

Los monitores estimulan puntos RGB sobre la pantalla para generar estímulos eléctricos que nuestro cerebro interpreta como color, el cual depende de la cantidad de estímulo que recibe cada punto del monitor. Los monitores despliegan 256 colores que logran emular a millones de colores a través de empujear los píxeles o puntos, es decir, que despliegan una mayor cantidad de puntos por pulgada. Estos 256 colores responden a una profundidad de color de 8 bits. Cuando un monitor es capaz de desplegar millones de colores, tiene 24 bits de profundidad, además de tener mejor resolución o, lo que es igual, mayor número de puntos por pulgada. La resolución de un monitor va a influir en la cantidad de colores, así como en la calidad de las imágenes desplegadas, y se mide en ppi (puntos por pulgada) o dpi en inglés (*dot per inche*).

Las plataformas más utilizadas son las que se basan en el sistema Windows y en el sistema Mac OS. Como todo en la computadora, cada usuario puede configurar los colores y la luz en términos generales, sin embargo, existe una diferencia básica entre ambos sistemas: el grado de contraste de una imagen (*gamma*) que traen por definición cada uno. El Mas OS tiene una *gamma* de 1.8 y el Windows de 2.2, esta diferencia hace que los colores se perciban de forma distinta en cada sistema. En las significaciones visuales digitales educativas se debe procurar un equilibrio en los colores, es decir, que el diseñador debe comparar cómo despliegan los contenidos en cada plataforma a fin de no perder la intención del estímulo auxiliar visual. Actualmente, hay organismos internacionales dedicados a resolver las diferencias entre plataformas. Lo recomendable es utilizar una *gamma* de 2.0 para equilibrar entre plataformas.





De los 256 colores, solamente 216 son comunes entre plataformas, se conocen como colores seguros de Web, y las aplicaciones con parámetros de producción para Web manejan esta paleta como parte de su interfaz. Pero con un buen trabajo en las imágenes, estos colores son suficientes para desplegar imágenes de calidad.

Los colores en la Web están determinados por un sistema hexadecimal compuesto por combinaciones de RGB, codificado por dos dígitos o letras que indican la cantidad de color en la combinación, es decir, que si tenemos un color 000000 implica cero color, lo que es igual a negro, en cambio FFFFFFFF implica que los colores están saturados al máximo, es decir, son blanco. Así, FF0000 es rojo, 00FF00 es verde y 0000FF es azul.

Todos los colores representan formas, ya sea gráficos o tipografía. Muchas veces indican interactividad y llevan a ligas con base a una navegación dentro del sitio. Estos elementos se reúnen para conformar una hipermedia, no obstante, en la presente investigación se considerará el diseño general de la interfaz rectora sin evaluar empíricamente la navegación ni el uso de elementos de hipermedia. Como se mencionó con anterioridad, se evaluó un grupo de variables de diseño durante tres periodos sin que intervinieran variables de interactividad técnica.

### *Hipertexto y tipografía*

La interrelación entre contenidos a los que se puede acceder a través de lo que se conoce como *liga* o *link* (en inglés), es lo que se conoce como hipertexto. Theodore Holm Nelson fue quien acuñó este concepto. En su definición, el hipertexto es la presentación de información como una red ligada de nodos, entre los que los lectores son libres de navegar en una manera no lineal. Permite múltiples autores, desdibuja la barrera funcional entre autor y lector, y amplía el trabajo con límites difusos, y múltiples patrones de lectura (Keep, 1993-2000: Hypertext). Generalmente, los hipertextos se señalan con una frase o botón con tipografía, sin embargo, una imagen también puede ser una liga.

La tipografía utilizada en los sitios Web debe tener como característica principal la legibilidad, para lo que hay que tomar en cuenta la familia y la resolución de la pantalla (72 dpi). Con base en esto, se han diseñado fuentes especialmente para ser utilizadas en dispositivos de baja resolución. Las fuentes diseñadas para sistemas de impresión tradicionales están pensadas para reproducirse en alta resolución y normalmente lucen poco legibles en la pantalla. Las tipografías diseñadas para baja resolución encajan en las retículas de píxeles de manera que se leen bien aun cuando se utilicen en cuerpos muy pequeños, su morfología evita en lo posible las curvas complejas (Penela, s/f: s/p).

La tipografía que se utiliza en la Web está medida en píxeles, lo que permite al diseñador una mejor compatibilidad con el medio durante el proceso creativo. Mas, cuando se utilizan hojas de estilo, la medida son los puntos, que son una medida tipográfica utilizada en los impresos y que se añadió a los sistemas digitales.

La tipografía en un sitio Web puede funcionar como tal (editable) o como imagen. Cuando se trata de una imagen, tenemos la libertad de escoger la familia que más se adecue a nuestro diseño y deberá ser tratada como imagen. Sin embargo, cuando es tipografía, se debe procurar diseñar con tipografías que sabemos que el usuario tiene en su sistema; de manera contraria, se perderá el trabajo tipográfico realizado, aunque no la programación. El navegador sustituirá la tipografía con la que diseñamos, por alguna tipografía del sistema, la misma que el usuario hubiera configurado en las preferencias del sistema. El diseñador debe especificar la tipografía con la que esté trabajando en el código html para evitar este problema. Cuando se trabaja una ti-





pografía como estímulo auxiliar visual, y ésta pierde sus características, puede perder la intención didáctica, la legibilidad y el interés del alumno. Hay tipografías que coinciden entre sistemas, como la *arial*, *times new roman*, *helvetica*, *verdana* y *times*. Utilizarlas garantiza que no se pierda el trabajo de diseño tipográfico.

Al igual que el color, la tipografía despliega de manera diferente en ambas plataformas; en la Mac se visualiza más pequeña que en PC; no obstante, las características de legibilidad y baja resolución deben de preservarse en el sitio, sobre todo en la tipografía que forma parte de un botón o de una liga, la que debe diferenciarse a golpe de ojo del resto con el fin de que funcione adecuadamente como estímulo auxiliar y permita que el alumno tome una decisión conforme a la navegación natural del curso.

### *Interactividad*

La existencia de ligas indicadas por los hipertextos o imágenes, y que responden a la navegación predeterminada dentro de un sitio, son indicativos de interactividad. Ésta es la capacidad que tiene el alumno de interrelacionarse con el contenido, tomando decisiones sobre el comportamiento del contenido y el suyo propio. El estudiante puede interactuar con el mensaje y decidir en parte o totalmente, lo que va a recibir. A pesar de que técnicamente no se trabaja con la interactividad de un sitio en esta investigación, ese concepto tiene una acepción que toca directamente a la creación de conocimiento, por lo que es importante conceptualizarla en sus dos vertientes.

En términos psicopedagógicos, la interactividad es la que va a posibilitar el aprendizaje significativo mediante la disponibilidad de construcciones cognitivas al ritmo del estudiante, es decir, permite que el alumno tome la decisión sobre cuales estímulos auxiliares interactuar y, si repite la acción más de una vez, para comprender mejor el contenido del curso.

Los estímulos auxiliares que representan las ligas con las que va a interactuar el alumno deben de cumplir el papel de ayuda en tomar una decisión. El diseñador, junto con el desarrollador de contenidos, debe priorizar el contenido de forma que se vaya presentando en orden para que las construcciones cognitivas tengan una lógica adecuada y puedan ser significativas.

Existen diferentes grados de interactividad del usuario:

1. Mirar pasivamente la presentación del curso. Esto se da con el inicio del curso o programa.
2. Escoger entre diversas versiones o variantes predefinidas de la presentación, no se puede modificar su contenido.
3. Modificar el formato o los parámetros de visualización, pero no su naturaleza.
4. Modificar el contenido de una presentación o generar una nueva presentación al variar la naturaleza de los elementos.
5. Construir sus propios elementos y cambiarlos para ver una presentación.
6. Recibir una retroacción inteligente respecto al proceso que siguió.

El diseñador tiene recursos gráficos para ir indicando al alumno qué estímulos auxiliares existen en cada página y a qué acción se refiere cada uno de ellos; recordemos que para ello están las ligas con texto y las ligas con imágenes. Los íconos o imágenes que se utilizan en una significación visual digital educativa tienen que tener características específicas tanto técnicas como de diseño.



---

---

## Las significaciones visuales digitales para el estudio de campo

Como se mencionará en este capítulo, es importante considerar todos los factores formales que se relacionan con los procesos cerebrales y mentales para poder diseñar asertivamente una pantalla con fines educativos. Para esta investigación, se realizaron un total de nueve diseños de pantallas. Se tomaron en cuenta los dos sistemas de color: luz (RGB) y pigmento (CMYK) (véase el apartado *Teoría del color*, de esta investigación), y una tercera combinación de colores pigmento secundarios. Asimismo, se tomaron tres diferentes ubicaciones para el menú: la primera a manera de fólder, misma que ya se había utilizado en el ICR de maestría y que demostró ser la más versátil para el diseño y para indicar la ubicación del usuario, sin embargo, aquí se sometió a la prueba de la evocación después de un tiempo de su visualización. La segunda y la tercera, resultado de la ubicación tradicional de los menús en Internet. Las pantallas se realizaron sin tipografía, con la intención de no distraer el proceso de evocación de las características formales del diseño de pantalla: color y ubicación.

A continuación se presentan las pantallas que se utilizaron en la investigación<sup>29</sup>:

*Pantalla 01:* Combinación CMYK (colores pigmento), con pestañas a manera de fólder en la parte superior del recuadro de contenido. Esta pantalla muestra la ubicación de pestañas, lo que favorece más al espacio de diseño, ya que la información de ubicación de los estudiantes con respecto al capítulo o tema (referido en las pestañas) está a golpe de ojo y a una misma altura. Por otro lado, utilizar el espacio horizontal permite un mejor aprovechamiento del área de contenido y, por lo tanto, un área mayor para desplegar información de cualquier tipo. Además, esta ubicación del menú permite el uso de barras para ubicar botones adicionales que son de suma importancia, como el *contacto*, *preguntas frecuentes (faq)* y *mapa del sitio*.

*Pantalla 02.-* Esta pantalla muestra el mismo diseño de ubicación de los elementos gráficos, pero utilizando los colores pigmento complementarios. Una de las características de los colores complementarios es que cuando se observan mucho tiempo, producen un efecto en la retina de sobre estimulación, lo que tiene como efecto que cuando se retira la vista de ellos, y se coloca la mirada sobre una superficie de color claro, se tiene la sensación de estar viendo la misma figura pero del color complementario correspondiente. Así, en esta investigación pusimos estos complementarios para verificar si en las descripciones cualitativas de los menús que se iban realizando, había alguna referencia a la complementariedad de los colores.

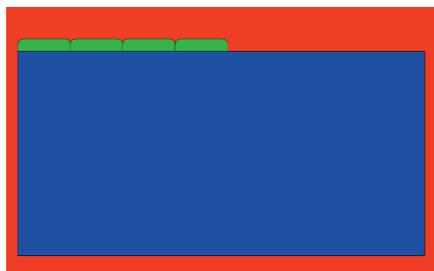
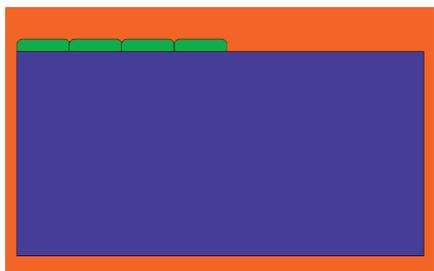
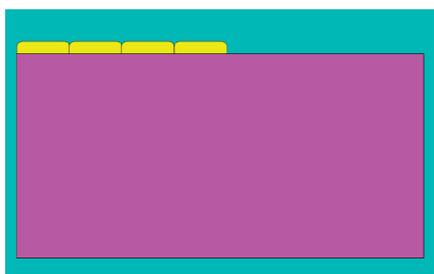
*Pantalla 03.-* Con el mismo diseño gráfico, se utilizan los colores primarios luz, RGB, que despliegan de forma más brillante, y además son los que corresponden al sistema del monitor. Estos colores son los que tienen mayor contraste simultáneo.

*Pantalla 04.-* Con colores CMYK, el diseño de la ubicación del menú y del recuadro de contenido cambian, colocándose el menú en forma de pestañas en orientación vertical del lado izquierdo, y el recuadro de contenido abarcando prácticamente toda la pantalla del lado derecho. Este diseño, permite que el contenido sea más alto, pero menos ancho.

Al mismo tiempo, respeta el sentido de lectura occidental, ya que las pestañas quedan del lado que es el primero en leerse pero, al mismo tiempo, al que se le deja de prestar atención cuando la mirada se dirige al lado

---

<sup>29</sup> Todos los diseños de pantalla son de mi autoría



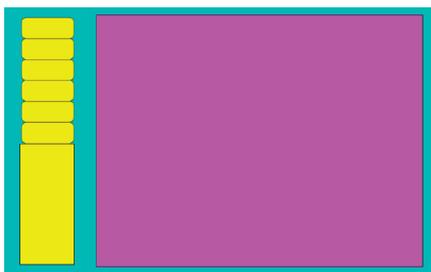
Pantallas 01, 02 y 03 de arriba a abajo

Pantallas 04, 05 y 06 de arriba a abajo

del contenido; en un símil a lo que sucede con las revistas, en la que la propia orientación de la lectura occidental hace que el golpe de ojo se dé en las páginas pares y no en las nones. El tamaño de las pestañas es el mismo que el que se usó para el primer diseño.

*Pantalla 05.*- El mismo diseño que la pantalla 04, pero con una combinación de colores pigmento complementarios.

*Pantalla 06.*- Esta es la tercera pantalla del segundo diseño con la combinación de colores RGB.



*Pantalla 07.*- En este diseño, los indicativos de contenido del curso están dispuestos en un menú de mayor tamaño debido a que los botones son de orientación horizontal, pero dispuestos en una columna. Este tipo de diseño es el más común en Internet (de columnas). Sigue con el orden de lectura occidental, ya que los botones se encuentran del lado izquierdo y el contenido del derecho. En esta pantalla, el espacio del contenido se reduce aún más en lo ancho, ya que el espacio utilizado por los botones es mayor. Aquí, el usuario también tiene a golpe de ojo la información sobre el tema donde se encuentra y de qué se trata. Este tipo de diseño emula un índice de libro, en donde la información se encuentra dispuesta por renglones.



*Pantalla 08.*- El mismo diseño en colores complementarios pigmento.



*Pantalla 09.*- El mismo diseño que las pantallas anteriores en combinación de colores RGB.

Pantallas 07, 08 y 09 de arriba a abajo

Una vez realizadas las pantallas, se dispusieron en una presentación dividida en tres partes. Las pantallas estaban agrupadas de la siguiente forma: 01, 02 y 03; 04, 05 y 06; y 07, 08 y 09. Entre cada bloque se dispuso una pantalla negra para neutralizar los estímulos en la retina. Cada pantalla, incluida la negra, se presentó por un espacio de 10 segundos, suficientes para que el ojo recorriera el espacio y tomara nota mental de la ubicación del menú y del color de cada diseño.

Los diseños de las significaciones educativas digitales se basaron en los principios formales antes descritos en este capítulo, así como en todos y cada uno de los elementos de diseño que se abordaron. Con el diseño del dispositivo se procedió a realizar el estudio de campo, que consistió en exponer una sola vez a cinco participantes al dispositivo, mismos que debían responder un cuestionario de forma inmediata, a los dos meses y finalmente a los cuatro meses. La etapa del estudio empírico es la que define, con base en sus resultados, las mejores características formales de diseño para que el estudiante tenga una evocación adecuada y pueda generar conocimiento.

---

---

## *Estudio de campo*

El estudio de campo es la etapa definitoria de la investigación, con ella se compilarán los resultados sobre cual diseño es el más adecuado y susceptible de generar una evocación que derive en la producción de conocimiento. Es el diseño formal de la interfaz que mejor se evoque; el que, según las teorías analizadas para fines de esta investigación, representa mayores ventajas en términos psicopedagógicos. Las características formales de todas las interfaces que se utilizaron fueron elegidas a través del análisis de los elementos de diseño, como la ubicación y el color, principalmente, como se abordó en el capítulo anterior. El estudio de campo consistió, en términos generales, en la definición de un grupo de individuos con base en conocimientos que se presuponen similares a través de una encuesta procesada con metodología cualitativa. A partir de ahí, los individuos contestaron otro cuestionario en periodos definidos.

### *Delimitación del objeto de estudio empírico*

Las reacciones cerebrales y mentales en adultos de entre 20 y 25 años de edad al ser expuestos a significaciones educativas específicas.

### *Unidades de análisis*

- Incluir adultos de entre 20 y 25 años de edad con funciones rudimentarias similares y disposición a participar en el estudio.

### *Objetivo general de estudio empírico*

- Correlacionar las reacciones cerebrales y mentales al visualizar una significación educativa específica con el aprendizaje.

### *Objetivos particulares del estudio empírico*

- Identificar las distintas reacciones cerebrales según la ubicación de los signos vygotkianos dentro de la significación.
- Identificar las distintas reacciones cerebrales con cada combinación de colores: RGB, CMYK y NaVeMo.
- Identificar las distintas reacciones cerebrales con tres diferentes ubicaciones del menú y contenidos.
- Tipologizar las reacciones cerebrales en su relación con el aprendizaje.

### *Hipótesis alternativa operacional<sup>30</sup>*

Entre mejor se utilicen los signos vygotskianos en el diseño de dispositivos educativos, mayor es el estímulo al cerebro y se puede lograr un mejor aprendizaje a través de funciones superiores complejas.

### *Pregunta de investigación*

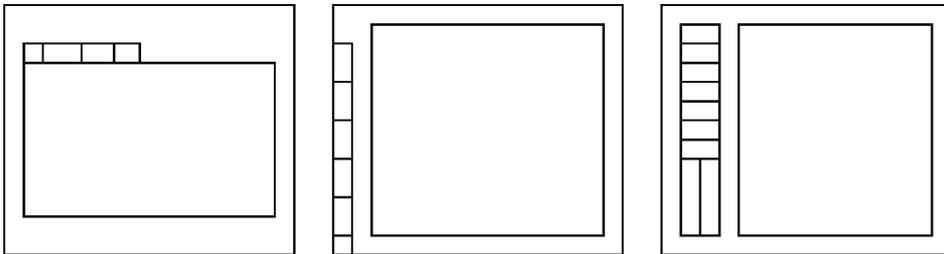
¿Qué relación existe en una situación experimental y contando con dispositivos educativos visuales y digitales entre los procesos cerebrales y mentales (memoria/evocación) en adultos de entre 20 y 25 años de edad y el aprendizaje?

### *Metodología empírica*

1. Se necesitan dispositivos educativos donde varíe la ubicación del signo (o de los signos) de manera controlada. Los objetos de dentro de la interfaz se dividirán en dos grandes bloques que cambiarán de ubicación: el menú y el contenido.

Individuos de estudio cualitativo: 5

Diseño de significaciones: 3



2. Se necesitan los mismos dispositivos aplicados en el paso 1 con dos variaciones de color en una triada cromática en la que se medirán las otras dos, es decir, que el primer paso funciona para medir ubicación y color.

Posibilidades cromáticas, suponiendo que los complementarios tienen el mismo efecto cerebral.

Individuos de estudio cualitativo: 5

Diseño de significaciones: 6 adicionales

<sup>30</sup> Según Creswell, 1994: 74



*Datos totales del estudio:*

Individuos de estudio cualitativo: 5

Diseños de significaciones: 9

3. Se necesita llevar un seguimiento con cuestionarios: inmediatamente después la visualización del dispositivo educativo, a los dos meses, y a los cuatro meses.

Aplicación de cuestionarios:

Inmediato: 5

Dos meses después: 5

Cuatro meses después: 5

Total de entrevistas / cuestionarios: 15

Objeto observable: nitidez del contenido, facilidad de ubicación de los dos campos principales (menú y contenido).

### *Tablas de variables*

Las variables de la investigación se dividen en independientes y dependientes, siendo el cambio de valor en la variable independiente lo que afecta a la dependiente (Cohen, 1989: 243).

En la primera etapa empírica, la presente investigación tiene como variables independientes las características psico-sociales y educativas de los individuos a los que se les aplicará el cuestionario. A partir de un análisis cualitativo de las respuestas obtenidas, se elegirán a cinco individuos que conforman las unidades de análisis. La variable dependiente es el perfil final del sujeto de estudio. Así pues, las variables independientes son:

Nombre	Manifestaciones	Tipo de variable
Edad		Nominal
Sexo	Mujer / hombre	Nominal
Lugar de residencia	Ciudad grande / Ciudad pequeña / Campo / Suburbio	Nominal
Tipo de primaria	Pública / Privada Bilingüe / Trilingüe No cursó / No recuerda	Nominal
Tipo de secundaria	Pública / Privada Bilingüe / Trilingüe No cursó / No recuerda	Nominal

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Nombre	Manifestaciones	Tipo de variable
Tipo de nivel medio superior	Pública / Privada / Bilingüe / Trilingüe / No cursó / Bachillerato / CCH / CONALEP / CETIS / CBTIS	Nominal
Tipo de nivel superior	Pública / Privada / No cursó / Trunca	Nominal
Idiomas	Inglés / Francés / Alemán / Italiano / Catalán / Mandarín / Japonés / Griego / Otros / No habla otros	Nominal
Estudios complementarios	Cursos / Seminarios / Diplomados / Otros / No tiene	Nominal
Estudios de posgrado	Maestría / Doctorado / Especialización / Pos-doctorado / Otros / No tiene	Nominal
Área de estudios	Humanística / Ciencias exactas / Ciencias biológicas / Ciencias del mar / Historia / Antropología física / Antropología social / Arqueología / Educación / Artes / Urbanismo / Diseño / Otras	Nominal
Viajes al año	0-3 / 4-6 / 7-10 / más de 10 / no viaja	Nominal
Destino de viajes	Playas o centros turísticos / Ciudades históricas / Playas o centros turísticos internacionales / Ciudades históricas internacionales / No contesta	Nominal
Visitas	Museos / Restaurantes / Bares / Sitios históricos / Plazas públicas / Plazas comerciales / Centros de entretenimiento / Playas / Zonas arqueológicas / Albergas o balnearios / SPA / No contesta	Nominal
No viaja	No le gusta / No tiene dinero No tiene tiempo / No contesta	Nominal
Personas en el domicilio	1-3 / 4-6 / 7-10 / más de 10 / no contesta	Nominal
Focos en domicilio	1-5 / 5-10 / 10-15 / 15-20 más de 20 / no tiene electricidad / no contesta	Nominal
Habitaciones en domicilio	1-2 / 3-4 / 5-6 / más de 6 / no contesta	Nominal
Computadora	Sí / no	Nominal
Núm. computadoras	1-2 / 3-4 / 5-6 / más de 6 / no contesta	Nominal
Participación 2 etapa	Sí / no	Nominal

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Las variables de la primera etapa se eligieron a partir del tipo de información que se quería utilizar para encontrar el grupo de individuos que participarían en la fase empírica con las pantallas. La edad es determinante, ya que la investigación está planteada para individuos de entre 20 y 25 años de edad. Le sigue el sexo que funciona como variable estadística. El lugar de residencia, el tipo de primaria, de secundaria y de nivel medio superior, tomando en consideración que en México existen planes de estudio base para esos niveles, e incluso se trabaja con libros de textos iguales, aportan un genérico de conocimientos similares que estarían presentes por manifestación de variable. Los idiomas, estudios complementarios y de posgrado apuntan a condiciones socio- económicas determinadas por el poder adquisitivo. El área de estudio nos da pistas sobre los intereses de los individuos, así como los destinos de viaje y el tipo de lugares que visita cuando los realiza; esto permite clasificar por grupos a los individuos participantes. El número de viajes al año, las personas en el domicilio, el número de habitaciones y computadoras terminan de perfilar el poder adquisitivo de los participantes; así-

mismo nos permite agruparlos según sus características socio-económicas. Finalmente, la pregunta sobre la participación es la que da pie a la segunda etapa de encuestas, si es que se conjuntan cinco individuos con las mismas características genéricas. En este punto, cabe aclarar que todo individuo es una conglomerado de situaciones y conocimientos, y que incluso dentro de una misma familia y creciendo en las mismas condiciones, los sujetos se conforman de forma diferenciada, sin embargo, las características genéricas en este tipo de investigaciones nos permite realizar aproximaciones estadísticas que concluyan en reflexiones propositivas para que el diseño sea más asertivo en su objetivo.

En la segunda etapa empírica, la presente investigación tiene como variables independientes las características físicas de la significación, más específicamente del conjunto de signos vygotkianos que la conforman. La variable dependiente es el aprendizaje. Así pues, las variables independientes son:

Nombre	Manifestaciones	Tipo de variable
Cerebro	Zona estimulada	Nominal
Impacto de combinación de color en sistema RGB	Impacta / no impacta	Nominal
	Recuerda / no recuerda	
	Evoca / no evoca	
	Describe / no describe	
Impacto de combinación en color en sistema CMYK	Impacta / no impacta	Nominal
	Recuerda / no recuerda	
	Evoca / no evoca	
	Describe / no describe	
Impacto de combinación de color en sistema NaVeMo	Impacta / no impacta	Nominal
	Recuerda / no recuerda	
	Evoca / no evoca	
	Describe / no describe	
Impacto de ubicación del menú con pestañas arriba a manera de folder	Impacta / no impacta	Nominal
	Recuerda / no recuerda	
	Evoca / no evoca	
	Describe / no describe	
Impacto de ubicación del menú con pestañas en la parte izquierda separadas del contenido y a manera de folder	Impacta / no impacta	Nominal
	Recuerda / no recuerda	
	Evoca / no evoca	
	Describe / no describe	
Impacto de ubicación del menú con botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	Impacta / no impacta	Nominal
	Recuerda / no recuerda	
	Evoca / no evoca	
	Describe / no describe	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Las variables independientes se consideraron con base en los elementos formales del diseño que se utilizaron para la conformación de las significaciones, y en el tipo y calidad del proceso mental que se realiza a través de la estimulación cerebral. Así, se manejan el color, la ubicación, el impacto, la memoria, la evocación y la descripción.

---

---

## *Población*

Para determinar a los cinco adultos entre 20 y 25 años de edad con funciones rudimentarias similares y con disposición a participar en la investigación, como primer paso se aplicará un cuestionario a una muestra que nos permita generalizar a una población de adultos entre 20 y 25 años de edad. La muestra que se utilizará en la investigación será seleccionada con una técnica no probabilística llamada muestra de cuota, en la que dicha muestra se “obtiene al especificar las características deseadas de los sujetos que se desea entrevistar, y entonces se deja en libertad al entrevistador para que encuentre y entreviste a una cuota de personas que posean las referidas características” (García, 1989: 150).

Una vez aplicados los cuestionarios, se seleccionarán cinco adultos que tengan las características más similares, utilizando la técnica de muestras intencionadas que implica el uso de un buen juicio y una estrategia adecuada para decidir los casos a incluir en la muestra (García, 1989: 150). Estos adultos serán los que participarán en la investigación como unidades de análisis y a los que se les aplicarán otros cuestionarios según la metodología antes planteada.

La regla de selección de las unidades de análisis con respecto a las funciones rudimentarias es:

Las unidades de análisis deberán tener al menos las siguientes similitudes:

Licenciatura terminada o en su último periodo escolarizado

Estar entre 20 y 25 años de edad

Provenir del mismo tipo de educación media superior

Disposición a realizar y continuar el estudio a plazo inmediato, a 2 y 4 meses. Mantener el contacto durante el mismo periodo.

## *Diseño de cuestionarios*

En la investigación se plantean dos momentos para aplicar cuestionarios: el primero es para seleccionar la muestra final; el segundo, para medir el comportamiento de las variables independientes y la dependiente, y que permitan el paso a la investigación cualitativa en donde se tiene como objetivo general analizar cómo se comportan los distintos tipos de estímulos visuales en vías de la modificación de la estructura cognitiva, a través del estudio de la reacción de la mente humana por estimulación de zonas localizadas y su interrelación con la memoria a mediano, corto y plazo inmediato, para determinar estímulos apropiados para un aprendizaje. Así pues, los dos momentos de la aplicación del cuestionario se definen en:

Elección de 5 individuos

- El cuestionario se aplica para evaluar las funciones rudimentarias de los individuos.
- Se aplica a individuos de entre 20 y 25 años de edad.
- Se elige a los cinco individuos más similares que además estén dispuestos a participar en la investigación durante todo el proceso que involucraría al menos cuatro meses.

Después de haber sido expuestos a las imágenes de los dispositivos, este cuestionario debe:

- Medirse en 3 momentos: 0, 2 y 4 meses.

- Contemplar las variables independientes de diseño referentes a los signos vygotskianos dentro de los dispositivos educativos. Estas variables son los íconos gráficos del menú y los colores de los mismos, es decir, que los íconos gráficos funcionarán como signos vygotskianos del diseño dentro del dispositivo.
- Aplicarse a los individuos elegidos en la primera fase y que aceptaron participar en la investigación.

Los cuestionarios de la primera etapa se entregaron al entrevistador en el momento en que fueron aplicados y contestados. La temporalidad de los cuestionarios de la segunda etapa se divide en: el plazo inmediato, se aplicaron después de la visualización del dispositivo educativo vía electrónica. Los siguientes cuestionarios de 2 y 4 meses se realizaron vía electrónica. En la primera fase de exposición al dispositivo, el sujeto se entrevistó de forma personal, y se le mostró la presentación de las nueve diferentes interfaces, mediadas por una pantalla negra, como anteriormente se especificó. Se le dio la dirección electrónica para acceder al cuestionario y se llevó a cabo; manteniéndome disponible para cualquier duda que se presentara con respecto al manejo del cuestionario virtual. Posteriormente, se mantuvo contacto con los sujetos a través del correo electrónico, lo que permitió también tener un buen manejo cronológico, ya que se enviaron recordatorios con una semana de anterioridad a que tuvieran que volver a contestar el cuestionario. La segunda y tercera ocasión que se contestó el cuestionario, se hizo vía remota en cuatro casos, y sólo en uno, se recurrió a la respuesta del cuestionario a través de un documento enviado por correo electrónico, por así solicitarlo el sujeto participante, ya que su conexión de Internet presentaba dificultades técnicas y no le permitió concluir el cuestionario en línea.

### *Análisis de los resultados*

En este apartado se presenta el análisis de los resultados de frecuencias y tablas de contingencia y tablas de chi-cuadrado, en los casos pertinentes, obtenidas a partir de la base de datos que contiene la información de los cuestionarios que se levantaron a sesenta posibles candidatos para formar parte del estudio empírico de la investigación, y a los cinco individuos seleccionados para la segunda etapa.

Como se especifica en la metodología, la muestra que se utilizó en la investigación fue seleccionada con una técnica no probabilística llamada *muestra de cuota*, en la que dicha muestra “se obtiene al especificar las características deseadas de los sujetos que se desea entrevistar, y entonces se deja en libertad al entrevistador para que encuentre y entreviste a una cuota de personas que posean las referidas características” (García, 1989: 150).

Las características específicas que se buscaban en los sujetos encuestados eran inicialmente: licenciatura terminada o en su último periodo escolarizado; estar entre 20 y 25 años de edad; provenir del mismo tipo de educación media superior; tener disposición de participar en el estudio en periodo de cuatro meses posterior a la primera visualización de las significaciones educativas, manteniendo el contacto en dicho periodo.

Como inicio, se aplicaron sesenta cuestionarios entre los estudiantes de los últimos trimestres de las carreras de la División de Ciencias Sociales y Humanidades que cursan sus estudios de nivel superior en la Universidad Autónoma Metropolitana – Xochimilco. Los sesenta cuestionarios fueron aplicados con el riesgo inicial de no cumplir con la ubicación de cinco posibles candidatos, lo que hubiera requerido una segunda fase de levantamiento de cuestionarios del primer nivel planteado en la investigación (véase *Diseño de cuestionarios*). Sorpresivamente, ese número de instrumentos fue suficiente para conjuntar a ocho posibles participantes,

de los cuales uno de ellos debió ser desechado puesto que no indicó ningún dato que permitiera su contacto, por lo que no se registró como posible participante en la base de datos. Las encuestas se realizaron según se relata en la siguiente bitácora, cita textual de los encuestadores:

#### Descripción del levantamiento de encuestas

El proceso de aplicación de las encuestas se realizó en un período aproximado de dos semanas. La tarea no fue en absoluto sencilla, pero se procedió en primer lugar a la selección de los distintos grupos que cursan algunas licenciaturas de la División de Ciencias Sociales y Humanidades, en particular elegimos algunos grupos de las licenciaturas en sociología, psicología y comunicación; para la selección de los diversos grupos se tomó en cuenta la disposición de los horarios, los profesores y la cantidad de alumnos, es decir, se tomaron en consideración estos criterios dado que era mucho más factible trabajar con grupos vespertinos, con profesores que de alguna forma conocíamos y con grupos más numerosos.

En repetidas ocasiones, al intentar la aplicación de los cuestionarios los profesores nos negaban terminantemente dicha aplicación, arguyendo la escasez de tiempo o la falta de interés hacia la actividad; tal actitud la encontramos con mayor frecuencia entre los grupos de comunicación y psicología. La aplicación, sin duda, fue mucho más fácil con los grupos de sociología; en estos casos lo que llamó la atención fue la notable disposición de los alumnos a colaborar en la contestación del cuestionario y, más aún, el interés por formar parte de la segunda etapa de análisis (petición que aparecía al final del cuestionario), por lo que varios alumnos insistieron en brindar sus datos personales para ser tomados en cuenta en la siguiente etapa.

Durante la contestación [*sic*] (aplicación) de los cuestionarios en los diversos grupos, se pudo observar cierta confusión de los alumnos al momento de anotar su respuesta, pues no lo hacían en el lugar indicado; tal detalle llama la atención, pues aparecía claramente señalado en las instrucciones al inicio del cuestionario. Salvo este tipo de cuestiones, en realidad el tiempo de respuesta al cuestionario era bastante pequeño (un promedio de 8 a 10 minutos por alumno) y, al parecer, la manera de responder fue bastante fluida, pues inmediatamente lo entregaban, y en muchos casos se acercaban a nosotros para solicitar información acerca de la segunda etapa de la investigación.

Inicialmente, se eligieron a dos grupos por licenciatura, tomando en cuenta los criterios antes mencionados, pero por las diversas dificultades al momento de iniciar la aplicación se iba optando por otros grupos, o bien, se les pedía a los estudiantes, que si no tenían inconveniente, lo respondieran antes de entrar a su salón de clases para que los profesores en turno no se opusieran.

El procesamiento de los datos se llevó a cabo en SPSS. Los análisis de los datos a través de comparaciones de variables permiten un mejor acercamiento a las características de los sujetos. Esto nos daría la asertividad en la selección de los participantes con respecto a sus funciones rudimentarias. Después del llenado de la base de datos en el SPSS, se generaron tablas de frecuencias a partir de distintas variables. A continuación se presentan las tablas y su análisis:

En la tabla 1 (véase Tabla 1. Frecuencias a partir de la variable *participación*) se pueden observar las frecuencias generadas a partir de la variable *participación*. Del total de los encuestados, 11.7% estuvo de acuerdo en participar en la investigación, mientras que 88.3% no lo estuvo. El porcentaje que estuvo de acuerdo en participar en la investigación equivale a siete individuos, por lo que se desechó la necesidad de una segunda fase

de levantamiento de cuestionarios para ubicación de participantes; esta resolución le otorga a esta tabla una importancia determinante. A partir de este resultado, se generaron otras tablas de frecuencias que nos permitieron analizar las funciones rudimentarias de los individuos para determinar si era viable su participación. Se puede constatar tanto en la Tabla 1 como en la mayor parte de las tablas, la coincidencia entre el porcentaje (general) y el porcentaje válido porque casi todos los estudiantes contestaron toda la encuesta y no hay inconsistencias en sus respuestas.

Tabla 1. Frecuencias a partir de la variable *participación*.  
¿Desearía participar en la investigación?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	sí	7	11.7	11.7	11.7
	no	53	88.3	88.3	100.0
	Total	60	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En la tabla 2 (véase Tabla 2. Frecuencias a partir de la variable *lugar de residencia*), se puede observar que 83.3% de los encuestados reside en una ciudad grande; 10% en ciudades pequeñas; 3.3% en el campo. Y 3.3% de los encuestados dejó sin respuesta la pregunta. El hecho de que 83.3% de la muestra tenga como lugar de residencia una ciudad grande, que presumiblemente es la Ciudad de México, le da ya características afines, lo que nos permite suponer que su contexto local contribuye a similitudes en sus funciones rudimentarias. Lo anterior se corrobora con la tabla 2 bis (véase Tabla 2 bis. Frecuencias a partir de la variable *lugar de residencia* segmentadas a partir de la variable *participación*) en donde se observa que 57.1% de los sujetos que aceptaron participar en la investigación reside en una ciudad grande; 28.6% reside en una ciudad pequeña y 14.3% dejó sin respuesta la pregunta. Esto indica que 85.7% de los individuos que participarán residen en ciudades.

Tabla 2. Frecuencias a partir de la variable *lugar de residencia*.  
Lugar de residencia

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	ciudad grande	50	83.3	83.3	83.3
	ciudad pequeña	6	10.0	10.0	93.3
	campo	2	3.3	3.3	96.7
	sin respuesta	2	3.3	3.3	100.0
	Total	60	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 2 bis. Frecuencias a partir de la variable  
*lugar de residencia* segmentadas a partir de la variable *participación*.  
Lugar de residencia (a)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos ciudad grande	4	57.1	57.1	57.1
ciudad pequeña	2	28.6	28.6	85.7
sin respuesta	1	14.3	14.3	100.0
Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En la tabla 3 (véase Tabla 3. Frecuencias a partir de la variable *edad*), tenemos una distribución bimodal de los datos ((Moda estadística), 28 de abril de 2008), siendo que la primera moda de 21 años y la segunda de 22 años. Ambos valores entran en el rango determinado para la investigación y representan 18.3% cada una, es decir, 36.6% del total de la muestra. El límite inferior del rango establecido para la investigación es de 20 años, que representa un 13.3% de la muestra, y el rango superior que es de 25 años representa un 6.7% del total de los cuestionarios. Los rangos por arriba del límite superior de 25 años tienen cada uno los porcentajes más bajos de la muestra, con un acumulado de 11.8%, que está lejos de 36.6% de los datos bimodales. El rango inferior del límite de 20 años es de 19 años de edad e implica 8.3% del total de la muestra. En la tabla 3 bis (véase Tabla 3 bis. Frecuencias a partir de la variable *edad* segmentadas a partir de la variable *participación*), se observa que de la muestra seleccionada por su intención de participación en la investigación, también la distribución de datos es bimodal, siendo la primera moda 21 años y la segunda 24 años. Cada moda representa 28.6% de esta muestra y tiene un porcentaje acumulado de 57.2% del total. El resto de la muestra se distribuye equitativamente con un 14.3% cada rango de edad que son 22 y 25 años, que acumulado representa 28.6% de la muestra seleccionada. Además se presenta también 14.3% de la muestra sin respuesta a la pregunta. El rango de edad que va de 21 a 25 años permite definir que se trata de individuos que pertenecen a una misma generación, lo que los ubica en términos generales con factores prescritos comunes.

Tabla 3. Frecuencias a partir de la variable *edad*.  
Edad

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 19	5	8.3	8.3	8.3
20	8	13.3	13.3	21.7
21	11	18.3	18.3	40.0
22	11	18.3	18.3	58.3
23	4	6.7	6.7	65.0
24	9	15.0	15.0	80.0
25	4	6.7	6.7	86.7
26	1	1.7	1.7	88.3
28	2	3.3	3.3	91.7
29	1	1.7	1.7	93.3
31	1	1.7	1.7	95.0

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 3. Frecuencias a partir de la variable *edad*. (cont.)  
Edad

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
34	1	1.7	1.7	96.7
35	1	1.7	1.7	98.3
99	1	1.7	1.7	100.0
Total	60	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 3 bis. Frecuencias a partir de la variable *edad* segmentadas a partir de la variable *participación*.  
Edad (a)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos 21	2	28.6	28.6	28.6
22	1	14.3	14.3	42.9
24	2	28.6	28.6	71.4
25	1	14.3	14.3	85.7
sin respuesta	1	14.3	14.3	100.0
Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Aun cuando el sexo no es determinante para la investigación, el análisis de las frecuencias con base en esta variable indican que 63.3% de la muestra es mujer, y que 35% es hombre. La variación del porcentaje al 100% responde a un dato nulo. (Véase Tabla 4. Frecuencias a partir de la variable *sexo*). En la tabla 4 bis (véase Tabla 4 bis. Frecuencias a partir de la variable *sexo* segmentadas a partir de la variable *participación*), podemos observar que de los individuos que aceptaron participar en la investigación, 57.1% es mujer y 42.9% es hombre. Lo anterior indica que la selección de individuos es equilibrada, y una vez más se constata empíricamente la coincidencia de factores prescritos.

Tabla 4. Frecuencias a partir de la variable *sexo*.  
Sexo

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Mujer	38	63.3	64.4	64.4
Hombre	21	35.0	35.6	100.0
Total	59	98.3	100.0	
Perdidos 88 (Perdido)	1	1.7		
Total	60	100.0		

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 4 bis. Frecuencias a partir de la variable *sexo* segmentadas a partir de la variable *participación*.  
Sexo (a)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Mujer	4	57.1	57.1	57.1
	Hombre	3	42.9	42.9	100.0
	Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Uno de los elementos que nos permiten analizar el tipo de funciones rudimentarias es el tipo de educación formal que los individuos han recibido. En la tabla 5 (Tabla 5. Frecuencias a partir de la variable *escuela primaria*), podemos observar que 11.7% del total de la muestra acudió a primarias privadas, mientras que 88.3% lo hizo a primarias públicas. De los individuos dispuestos a participar en la investigación (véase Tabla 5 bis. Frecuencias a partir de la variable *escuela primaria* segmentada a partir de la variable *participación*), 71.4% asistió a escuelas primarias públicas y 28.6% a escuelas primarias privadas. En ambas muestras el porcentaje de asistentes a escuelas primarias públicas es considerablemente mayor, por lo que se puede deducir que las bases educativas que tienen son similares.

Tabla 5. Frecuencias a partir de la variable *escuela primaria*.  
En qué tipo de escuela cursó la primaria

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	privada	7	11.7	11.7	11.7
	pública	53	88.3	88.3	100.0
	Total	60	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 5 bis. Frecuencias a partir de la variable  
*escuela primaria* segmentada a partir de la variable *participación*.  
En qué tipo de escuela cursó la primaria (a)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	privada	2	28.6	28.6	28.6
	pública	5	71.4	71.4	100.0
	Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = si

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En la siguiente etapa del currículo educativo de los encuestados, podemos observar que 88.3% acudió a escuelas públicas secundarias, mientras que un acumulado de 10% acudió a escuelas privadas y privadas bilingües, y un 1.7% no respondió. Se puede observar una clara tendencia hacia al educación pública, lo que no

sólo nos plantea una base educativa análoga en 88.3% de los encuestados, sino que además nos permite deducir un contexto social similar en ellos (véase tabla 6. Frecuencias a partir de la variable *escuela secundaria*). En la muestra segmentada por la voluntad de participación en la investigación, 71.4% acudió a una escuela secundaria pública, mientras que 28.6% lo hizo a una privada (véase tabla 6 bis. Frecuencias a partir de la variable *escuela secundaria* segmentada a partir de la variable *participación*). Lo anterior nos permite también contar con una base educativa análoga para la mayoría de la muestra. Así, podemos afirmar que tanto en la educación primaria, como en la secundaria tenemos suficientes factores en común que permean en el desarrollo de funciones rudimentarias.

Tabla 6. Frecuencias a partir de la variable *escuela secundaria*.  
En qué tipo de escuela cursó la secundaria

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	privada	5	8.3	8.3	8.3
	pública	53	88.3	88.3	96.7
	privada bilingüe	1	1.7	1.7	98.3
	sin respuesta	1	1.7	1.7	100.0
	Total	60	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 6 bis. Frecuencias a partir de la variable  
*escuela secundaria* segmentada a partir de la variable *participación*.  
En qué tipo de escuela cursó la secundaria (a)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	privada	2	28.6	28.6	28.6
	pública	5	71.4	71.4	100.0
	Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = si

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En la educación de nivel medio superior, los porcentajes adquieren matices en la totalidad de los encuestados. Un 23.3% de los participantes acudió a preparatorias públicas, el 8.3% lo hizo a privadas mientras que el 40% cursó sus estudios en bachillerato público. Del CCH público egresó el 1.7% de los encuestados, el 3.3% lo hizo de una preparatoria bilingüe privada, y el 1.7% de una bilingüe pública. Del CBTIS, del CECITS y del CONALEP egresó el 3.3% en cada uno. El 6.7% de la muestra realizó estudios a nivel técnico. Finalmente hubo un 5% acumulado de respuestas perdidas. En los acumulados, el 83% acudió a planteles de educación pública de nivel medio superior y el 12% lo hizo a escuelas privadas (véase Tabla 7. Frecuencias a partir de la variable *nivel medio superior*). En cuanto a los porcentajes segmentados por la variable *participación*, el reporte de frecuencias indica que el 28.6% cursó sus estudios de nivel medio superior en preparatoria pública, el mismo porcentaje lo hizo en preparatorias privadas, mientras que el 14.3% egresó de preparatorias públicas bilingües y otro 28.6% realizó estudios a nivel técnico (véase Tabla 7 bis. Frecuencias a partir de la variable *nivel medio superior* segmentada a partir de la variable *participación*). En los acumulados observamos que el

71.4% de la muestra hizo sus estudios de nivel medio superior en escuelas públicas y el 28.6% en privadas. Las condiciones son similares a las registradas en los niveles educativos precedente, por lo que podemos asumir que las bases educativas cumplen con las mismas características.

Tabla 7. Frecuencias a partir de la variable *nivel medio superior*.  
El nivel medio superior lo cursó en:

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos preparatoria pública	14	23.3	24.6	24.6
preparatoria privada	5	8.3	8.8	33.3
bachillerato público	24	40.0	42.1	75.4
CCH público	1	1.7	1.8	77.2
preparatoria privada bilingüe	2	3.3	3.5	80.7
preparatoria pública bilingüe	1	1.7	1.8	82.5
CBTIS	2	3.3	3.5	86.0
CECITS	2	3.3	3.5	89.5
CONALEP	2	3.3	3.5	93.0
Hizo estudio a nivel técnico	4	6.7	7.0	100.0
Total	57	95.0	100.0	
Perdidos nulos	1	1.7		
sin respuesta	2	3.3		
Total	3	5.0		
Total	60	100.0		

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 7 bis. Frecuencias a partir de la variable *nivel medio superior segmentada a partir de la variable participación*.  
El nivel medio superior lo cursó en: (a)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos preparatoria pública	2	28.6	28.6	28.6
preparatoria privada	2	28.6	28.6	57.1
preparatoria pública bilingüe	1	14.3	14.3	71.4

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 7 bis. Frecuencias a partir de la variable  
*nivel medio superior* segmentada a partir de la variable *participación*. (cont.)  
El nivel medio superior lo cursó en: (a)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Hizo estudio a nivel técnico	2	28.6	28.6	100.0
Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Únicamente como reporte de información, tenemos la pregunta que contesta a la variable de tipo de educación de nivel superior, puesto que se sabe de antemano que, al haberse realizado las encuestas a alumnos de la UAM-X, se realizan los estudios de este nivel en escuela pública. Sin embargo, se pueden obtener datos adicionales, como los observados en la tablas 8 y 8 bis, en donde se registra un 1.7% que tiene estudios técnicos en este nivel. Probablemente sea una interpretación equivocada del currículo académico del participante, pero no podemos dejar de mencionarlo, sobre todo porque ese porcentaje se convierte en 14.3% de la muestra segmentada por la variable *participación*; es posible interpretar el hecho en términos de la conversión acaecida relativamente hace poco tiempo entre estudios técnicos y estudios vocacionales.

Tabla 8. Frecuencias a partir de la variable *nivel superior*.  
El nivel superior lo cursó en:

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos Universidad				
Autónoma Pública	47	78.3	97.9	97.9
Hizo estudio en				
nivel técnico	1	1.7	2.1	100.0
Total	48	80.0	100.0	
Perdidos nulos	3	5.0		
sin respuesta	9	15.0		
Total	12	20.0		
Total	60	100.0		

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En el rubro de los idiomas, podemos observar que en la totalidad de la muestra un acumulado de 38.4% reportó no hablar ningún otro idioma adicional al español, con diferentes respuestas. 55% habla inglés en diferentes niveles de dominio, mientras que un acumulado de 3.4% habla un idioma distinto. También se reporta un 3.3% de respuestas perdidas. Así, el acumulado de participantes que hablan otro idioma es de 58.4% (véase Tabla 9. Frecuencias a partir de la variable *otros idiomas*). Es notorio que poco más de la mitad hable otro idioma. En cuanto a la muestra segmentada por la variable *participación*, podemos notar claramente que 85.7% habla inglés, mientras que 14.3% no habla otro idioma (véase Tabla 9 bis. Frecuencias a partir de la variable *otros idiomas* segmentada a partir de la variable *participación*). Estos resultados reafirman la similitud en las funciones rudimentarias de la mayoría de la muestra segmentada.

Tabla 8 bis. Frecuencias a partir de la variable  
*nivel superior* segmentadas a partir de la variable *participación*.  
El nivel superior lo cursó en: (a)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Universidad				
	Autónoma Pública	5	71.4	83.3	83.3
	Hizo estudio				
	en nivel técnico	1	14.3	16.7	100.0
	Total	6	85.7	100.0	
Perdidos	sin respuesta	1	14.3		
Total		7	100.0		

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 9. Frecuencias a partir de la variable *otros idiomas*.  
Otros idiomas

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	o	1	1.7	1.7	1.7
	inglés	33	55.0	56.9	58.6
	japonés	1	1.7	1.7	60.3
	otro	1	1.7	1.7	62.1
	no sabe	3	5.0	5.2	67.2
	no habla otro idioma	19	31.7	32.8	100.0
	Total	58	96.7	100.0	
Perdidos	sin respuesta				
	(Perdido)	2	3.3		
Total		60	100.0		

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 9 bis. Frecuencias a partir de la variable  
*otros idiomas* segmentada a partir de la variable *participación*.  
Otros idiomas (a)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	inglés	6	85.7	85.7	85.7
	no sabe	1	14.3	14.3	100.0
	Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En cuanto a estudios adicionales, de la totalidad de la muestra se observa que 35% realizó cursos, 11.7% seminarios y 3.3% diplomados; otro tipo de estudios adicionales fue 3.3%, y el total acumulado de 6.7% que no contestó. 33.3% no ha realizado estudios adicionales y 6.7% son respuestas perdidas (véase Tabla 10. Frecuencias a partir de la variable *estudios complementarios*). El total acumulado de 53.3% ha cursado estudios adicionales, contra el 33.3% que no, y 13.4% de respuestas que no reportan datos positivos. En cuanto a la muestra segmentada a partir de la disposición de participar en la segunda fase de la investigación, 28.6% realizó cursos complementarios, de los cuales 14.3% hizo seminarios y 14.3% diplomados. También se reporta que 28.6% no cursó y 14.3% no recuerda (véase Tabla 10 bis. Frecuencias a partir de la variable *estudios complementarios* segmentadas a partir de la variable *participación*). En los totales acumulados de la muestra segmentada, 57.2% tiene estudios complementarios mientras que 28.6% no los tiene. Dado que esta variable se relaciona con el interés que tiene el estudiante en su formación académica, y aun cuando pudieron ser diversos los contenidos, se sustentan coincidencias genéricas en su desarrollo académico.

Tabla 10. Frecuencias a partir de la variable *estudios complementarios*  
¿Tiene estudios complementarios?

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos cursos	21	35.0	37.5	37.5
seminarios	7	11.7	12.5	50.0
diplomados	2	3.3	3.6	53.6
no cursó	20	33.3	35.7	89.3
otros	2	3.3	3.6	92.9
no desea contestar	1	1.7	1.8	94.6
no recuerda	3	5.0	5.4	100.0
Total	56	93.3	100.0	
Perdidos sin respuesta	4	6.7		
Total	60	100.0		

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 10 bis. Frecuencias a partir de la variable  
*estudios complementarios* segmentadas a partir de la variable *participación*.  
¿Tiene estudios complementarios?(a)

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos cursos	2	28.6	28.6	28.6
seminarios	1	14.3	14.3	42.9
diplomados	1	14.3	14.3	57.1
no cursó	2	28.6	28.6	85.7
no recuerda	1	14.3	14.3	100.0
Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En referencia a la variable *área de estudios*, podemos observar que de las 60 encuestas aplicadas, 45 expresan inclinación a las áreas humanísticas, lo que equivale a 75% de las respuestas obtenidas. El área que le sigue con una diferencia muy marcada es la de estudios sobre historia con un 8,3%, seguida por antropología social con 5% y artes con 3,3%. Ciencias exactas tiene 1,7%, al igual que las respuestas *otras y no desea contestar* (véase Tabla 11. Frecuencias a partir de la variable *área de estudios*).

Tabla 11. Frecuencias a partir de la variable *área de estudios*.  
Principalmente sus estudios se inclinan al área...

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Humanística	45	75.0	77.6	77.6
	Ciencias exactas	1	1.7	1.7	79.3
	Historia	5	8.3	8.6	87.9
	Antropología social	3	5.0	5.2	93.1
	Artes	2	3.3	3.4	96.6
	Otras	1	1.7	1.7	98.3
	No desea contestar	1	1.7	1.7	100.0
	Total	58	96.7	100.0	
Perdidos nulos	sin respuesta	1	1.7		
	Total	2	3.3		
	Total	60	100.0		

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En el caso de la muestra segmentada a partir de la variable *participación*, los resultados se reparten entre con 42.9% para el área humanística seguida por antropología social con 28.6% y, finalmente, las áreas de artes e historia con 14.3% cada una (véase Tabla 11 bis. Frecuencias a partir de la variable *área de estudios* segmentadas a partir de la variable *participación*). Podemos observar así que, con referencia a la muestra segmentada, a pesar de que se reflejan con mayor dureza las diferencias, no hay selección de áreas distantes como podrían considerarse las ciencias exactas, sino que 100% de la muestra tiene tendencias a áreas relacionadas con el ser humano y sus procesos sociales de distinta índole. Lo anterior permite que la muestra cuente con un interés común que es el propio desarrollo humano y su expresión.

Tabla 11(a). Tabla de contingencia de las variables *área de estudio y nivel medio superior*.

		Principalmente sus estudios se inclinan al área...							Total
		Humanística exactas	Ciencias exactas	Historia	Antropología social	Artes	Otras	No desea contestar	Humanística
El nivel medio superior lo cursó en:	preparatoria pública	10	1	1	0	2	0	0	14
	preparatoria privada	3	0	1	1	0	0	0	5
	bachillerato público	20	0	2	1	0	0	0	23

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 11(a). Tabla de contingencia de las variables *área de estudio* y *nivel medio superior*. (cont.)

		Principalmente sus estudios se inclinan al área...							Total
		Humanística	Ciencias exactas	Historia	Antropología social	Artes	Otras	No desea contestar	Humanística
El nivel medio superior lo cursó en:	CCH público	1	0	0	0	0	0	0	1
	preparatoria privada bilingüe	2	0	0	0	0	0	0	2
	preparatoria pública bilingüe	0	0	1	0	0	0	0	1
	CBTIS	1	0	0	0	0	0	0	1
	CECITS	1	0	0	0	0	1	0	2
	CONALEP	2	0	0	0	0	0	0	2
	Hizo estudio a nivel técnico	2	0	0	1	0	0	1	4
	<b>Total</b>	<b>42</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>55</b>

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

A partir de la Tabla 11(a), podemos interpretar que la muestra de 60 participantes, tiene en su mayoría una tendencia hacia las actividades relacionadas con el ser humano. La mayor concentración de individuos que eligen esa área de estudio se encuentran en escuelas de nivel medio superior públicas; sin embargo, hay que mencionar que también la muestra tiene en su mayoría individuos que provienen de este tipo de educación.

Tabla 11bis. Frecuencias a partir de la variable *área de estudios*.  
Principalmente sus estudios se inclinan al área... (a)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Humanística	3	42.9	42.9	42.9
	Historia	1	14.3	14.3	57.1
	Antropología social	2	28.6	28.6	85.7
	Artes	1	14.3	14.3	100.0
	<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En la tabla 11bis (a), podemos observar que de la muestra segmentada a partir de la variable *participación*, como ya se dijo, 100% de los individuos se inclinan por el área social, sin diferencia entre el tipo de educación media superior que recibieron.

Uno de los aspectos comunes en la búsqueda de individuos con similitudes culturales o patrones sociales parecidos en la investigación social es el que tiene referencia con lo socio-económico. Determinar el nivel socio-económico de la población es, en términos generales, una tarea compleja; sin embargo, hay ciertas preguntas

que pueden dar un panorama general de la capacidad económica que a su vez permea directamente con lo social del individuo. En esta investigación, una de esas preguntas se relaciona con la capacidad de viajar de los encuestados y el tipo de destino al que llegan. En la tabla 12 (véase Tabla 12. Frecuencias a partir de la variable *viajes*), podemos observar que 70% de los encuestados viajan entre cero y tres veces al año; 13.3% lo hace entre cuatro y seis; 5% entre siete y diez, y 3.3% realiza más de diez viajes al año. Lo anterior arroja un total acumulado de 91.6% de encuestados que viajan al año en distintas ocasiones y con diferentes frecuencias. Un 8.3% dice no viajar en ninguna ocasión. Si se analiza la muestra segmentada a partir de la variable *participación*, tenemos que 85.7% viaja entre cero y tres veces al año y 14.3% lo hace entre siete y diez (véase Tabla 12 bis. Frecuencias a partir de la variable *viajes* segmentadas a partir de la variable *participación*). Esta situación establece que toda la muestra viaja y, aunque hay 14.3% que lo hace con mayor frecuencia que el resto, a todos les da un aspecto común, que es el deseo de conocer otros ambientes.

Tabla 11bis (a). Tabla de contingencia de las variables  
*área de estudio y nivel medio superior*, segmentadas a partir de la variable *participación*.

		Principalmente sus estudios se inclinan al área...				Total
		Humanística	Historia	Antropología social	Artes	Humanística
El nivel medio superior lo cursó en:	preparatoria pública	1	0	0	1	2
	preparatoria privada	1	0	1	0	2
	preparatoria pública bilingüe	0	1	0	0	1
	Hizo estudio a nivel técnico	1	0	1	0	2
	<b>Total</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>7</b>

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 12. Frecuencias a partir de la variable *viajes*.  
¿Cuántas veces viaja al año?

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	entre cero y tres	42	70.0	70.0	70.0
	entre cuatro y seis	8	13.3	13.3	83.3
	entre siete y diez	3	5.0	5.0	88.3
	más de diez	2	3.3	3.3	91.7
	no viaja	5	8.3	8.3	100.0
<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>		

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña



Tabla 12 bis. Frecuencias a partir de la variable *viajes* segmentada a partir de la variable *participación*.  
¿Cuántas veces viaja al año? (a)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	entre cero y tres	6	85.7	85.7	85.7
	entre siete y diez	1	14.3	14.3	100.0
	Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Las opciones de los destinos de los viajes que realizan los encuestados fueron amplias; sin embargo, los resultados arrojaron que la selección de los participantes se agrupó en tres área únicamente: destinos nacionales, playas o centros turísticos con 46.7% de viajeros; 38.3% prefiere viajar a ciudades históricas nacionales y, finalmente, un reducido 3% viaja a ciudades históricas internacionales. Un total acumulado de 10.1% no contestó (véase Tabla 13. Frecuencias a partir de la variable *destinos*). Los siete integrantes de la muestra segmentada a partir de la variable *participación*, contestaron a la pregunta de la siguiente manera: 57.1% viaja a playas o centros turísticos nacional, 28.6% a ciudades históricas nacionales y 14.3% a ciudades históricas internacionales. Tenemos así, nuevamente, un factor común en la muestra, un total acumulado de 85.7% viaja dentro del país.

Tabla 13. Frecuencias a partir de la variable *destinos*.  
Sus destinos de viaje son principalmente...

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Nacionales playas o centros turísticos	28	46.7	50.0	50.0
	Nacionales ciudades históricas	23	38.3	41.1	91.1
	Internacionales ciudades históricas	3	5.0	5.4	96.4
	No desea contestar	1	1.7	1.8	98.2
	No recuerda	1	1.7	1.8	100.0
	Total	56	93.3	100.0	
Perdidos	sin respuesta	4	6.7		
Total		60	100.0		

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Relacionada con la pregunta anterior, se preguntó a los encuestados qué tipo de visitas o actividades llevaban a cabo en los destinos de viaje. Así, de la muestra completa 70% dijo visitar museos como su primer interés, seguido por 8.3% que visita sitios históricos; 6.7% visita plazas públicas; 3.3% prefiere los restaurantes, y otro tanto igual cuyo gusto son las zonas arqueológicas. Finalmente, 1.7% prefiere los bares; y un total acumulado de



6.7% no contestó (véase Tabla 14. Frecuencias a partir de la variable *visitas*). En esta pregunta queda establecida la relación con las anteriores, donde las áreas de interés de estudio predominante están relacionadas con el ser humano y sus procesos. Además, tenemos que de la muestra segmentada a partir de la variable *participación*, 100% prefiere visitar museos, resultado acorde en su totalidad, con lo que se reflejó anteriormente en la tabla 11 bis (véase Tabla 14bis. Frecuencias a partir de la variable *visitas* segmentadas a partir de la variable *participación*).

Tabla 13 bis. Frecuencias a partir de la variable *destinos* segmentadas a partir de la variable *participación*.  
Sus destinos de viaje son principalmente... (a)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Nacionales				
	playas o centros				
	turísticos	4	57.1	57.1	57.1
	Nacionales				
	ciudades				
	históricas	2	28.6	28.6	85.7
	Internacionales				
	ciudades históricas	1	14.3	14.3	100.0
	Total	7	100.0	100.0	

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 14. Frecuencias a partir de la variable *visitas*.  
Cuando usted viaja, le gusta visitar...

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Museos	42	70.0	71.2	71.2
	Restaurantes	2	3.3	3.4	74.6
	Bares	1	1.7	1.7	76.3
	Sitios históricos	5	8.3	8.5	84.7
	Plazas públicas	4	6.7	6.8	91.5
	Zonas arqueológicas	2	3.3	3.4	94.9
	No desea contestar	3	5.0	5.1	100.0
	Total	59	98.3	100.0	
Perdidos	sin respuesta	1	1.7		
Total		60	100.0		

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 14bis. Frecuencias a partir de la variable *visitas* segmentadas a partir de la variable *participación*.  
Cuando usted viaja, le gusta visitar... (a)

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Museos	7	100.0	100.0	100.0

a ¿Desearía participar en la investigación? = sí

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En la tabla 15, podemos observar que, cruzando las variables *viajes*, *destinos* y *visitas*, la mayoría de los individuos viaja como máximo tres veces al año. Los destinos preferidos son las playas o centros turísticos, en donde visitan museos preferentemente. Esto va seguido por los destinos nacionales de ciudades históricas, coincidiendo en la preferente visita a museos y con una frecuencia de máximo tres viajes al año. Así, de la muestra de 60 individuos, se puede afirmar que la actividad preferente es la visita a museos, con un total de 40 individuos que equivalen a un 66.6% de la muestra. Asimismo, 29 individuos reportan una frecuencia de viajes de 0 a 3 al año, lo que equivale a 48.3% de la muestra. En mucho menor proporción, siguen las visitas a sitios históricos, con una frecuencia entre 0 y 3 viajes al año, en destinos de playa o centros turísticos y ciudades históricas nacionales.

En el mismo ejercicio segmentado por la variable *participación*, se obtiene claramente una tendencia de visitas a museos (100%), primordialmente en destinos de playas o centros turísticos preferidos por 57%, seguido por los de ciudades históricas nacionales e internacionales con 14% cada uno, y con una frecuencia de entre y 3 viajes al año. El restante 25% corresponde a viajes con una frecuencia de entre siete y diez viajes al año destinos de ciudades históricas nacionales.

A pesar de que en el cuestionario se contempla un mayor número de variables nominales de carácter socio-económico, los datos analizados proporcionan la información suficiente para determinar las tendencias académicas y de interés académico que permiten realizar una agrupación referente a las funciones rudimentarias. Como anteriormente se mencionó, esta agrupación no garantiza de ninguna manera que las funciones rudimentarias sean idénticas. El análisis anterior nos permite afirmar que la muestra segmentada tiene las coincidencias suficientes para participar como bloque en la investigación, todo bien que los intereses comunes y los estudios y desarrollos personales tienen igualmente los puntos de encuentro necesarios para considerar que las funciones rudimentarias son suficientemente similares. No obstante, no hay que dejar de lado que los desarrollos humanos son personales e individuales. La posible analogía que se realiza en esta investigación está basada en la afirmación de Vygotski, donde se afirma que se puede actuar en la memoria de otro de manera similar a la que se actúa en la propia (Vygotski, 2000, t. III).

Tabla 15. Tabla de contingencia de las variables *viajes, destinos y visitas*.

Cuando usted viaja, le gusta visitar...			Sus destinos de viaje son principalmente...					Total
			Nacionales playas o centros turísticos	Nacionales ciudades históricas	Internacionales ciudades históricas	No desea contestar	No recuerda	Nacionales playas o centros turísticos
Museos	¿Cuántas veces viaja al año?	entre 0 y 3	16	10	3		0	29
		entre 4 y 6	3	3	0		0	6
		entre 7 y 10	1	1	0		0	2
		más de 10	1	1	0		0	2
		no viaja	0	0	0		1	1
	Total		21	15	3		1	40
Restaurantes	¿Cuántas veces viaja al año?	entre 0 y 3	1					1
		entre 4 y 6	1					1
	Total		2					2
Bares	¿Cuántas veces viaja al año?	entre 7 y 10	1					1
	Total		1					1
Sitios históricos	¿Cuántas veces viaja al año?	entre 0 y 3	3	2				5
	Total		3	2				5
Plazas públicas	¿Cuántas veces viaja al año?	entre 0 y 3		3				3
		no viaja		1				1
	Total			4				4
Zonas arqueológicas	¿Cuántas veces viaja al año?	entre 0 y 3		1				1
		entre 4 y 6		1				1
	Total			2				2
No desea contestar	¿Cuántas veces viaja al año?	entre 0 y 3	1			1		2
	Total		1			1		2

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 15bis. Tabla de contingencia de las variables *viajes, destinos y visitas*, segmentadas a partir de la variable *participación*.

Cuando usted viaja, le gusta visitar...			Sus destinos de viaje son principalmente...			Total
			Nacionales playas o centros turísticos	Nacionales ciudades históricas	Internacionales ciudades históricas	Nacionales playas o centros turísticos
Museos	¿Cuántas veces viaja al año?	entre 0 y 3	4	1	1	6
		entre 7 y 10	0	1	0	1
	Total		4	2	1	7

a ¿Desearía participar en la investigación? = si

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Después de que se hizo el análisis de los datos, se procedió a contactar a los siete individuos resultantes. Al cabo de un periodo de contacto, sólo cinco individuos se presentaron a participar en la segunda fase del estudio, tal y como reporta la tabla 16. A continuación se presentan las tablas de contingencia y frecuencia de esta segunda fase del estudio de campo:

Tabla 16. Frecuencia de presentación de los individuos al segundo periodo del estudio de campo.

		Tiempo			
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	Inmediato	5	33.3	33.3	33.3
	Dos meses	5	33.3	33.3	66.7
	Cuatro meses	5	33.3	33.3	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En la tabla 17 podemos observar los datos totales del estudio empírico, es decir, que es la frecuencia que reporta qué menú fue el más recordado, en la totalidad del tiempo (0, 2 y 4 meses). La ubicación del menú más recordada es la de pestañas arriba a manera de fólder, con 66.7% de validez. A este menú le sigue el de botones a la izquierda, en arreglo vertical y jerárquico con 26.7%; y, finalmente, el de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido con 6.7%. En la tabla 18 podemos encontrar datos que indican que la combinación de color más recordada es la RGB, con un total de 46.7%, seguida con poca diferencia por la CMYK, con 33.3%; y, finalmente, la naranja, verde y morado (NVM) con 20%. La pantalla 04 (véase figura más adelante), es la

que al final del estudio se reporta como mejor y mayor recordada, tanto por la ubicación de los elementos y por la combinación de colores. En este sentido, es notable que justo se recuerde mejor la pantalla de sistema luz (RGB), siendo la analogía con las células del ojo y con el sistema de color, este resultado se tratará con mayor profundidad en el siguiente capítulo.

Tabla 17. Frecuencia de qué menú es más recordado por los participantes.

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
El de pestañas arriba a manera de fólder	10	66.7	66.7	66.7
El de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido	1	6.7	6.7	73.3
El de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	4	26.7	26.7	100.0
Total	15	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 18. Frecuencia de qué combinación de color recuerda más.  
Qué combinación de color recuerda más

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos La rojo, verde y azul	7	46.7	46.7	46.7
La cyan, magenta, amarillo y negra	5	33.3	33.3	80.0
La naranja, verde y morada	3	20.0	20.0	100.0
Total	15	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña



Pantalla 03, esta pantalla se recuerda con mayor frecuencia a lo largo de los cuatro meses que duró el estudio. También está reportada como la que mejor capacidad de evocación tiene.<sup>31</sup>

Con respecto al impacto del menú, se reporta una frecuencia general en el estudio en la tabla 19. Se puede observar que el menú de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico es el que más impactó a los participantes, con un porcentaje de 46.7%. Le sigue el menú de pestañas arriba a manera de fólder con 33.3% y, al último, el menú de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido con 20%. En la tabla 19bis, se puede observar que la combinación de colores que generó más impacto fue la RGB con 46.7%, seguida por la CMYK con 40% y, al último, la NVM con 13.3%. La pantalla 09 es la que mayor impacto causó.

Tabla 19. Frecuencia de impacto del menú  
Qué menú le impactó más

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos El de pestañas arriba a manera de fólder	5	33.3	33.3	33.3
El de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido	3	20.0	20.0	53.3
El de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	7	46.7	46.7	100.0
Total	15	100.0	100.0	

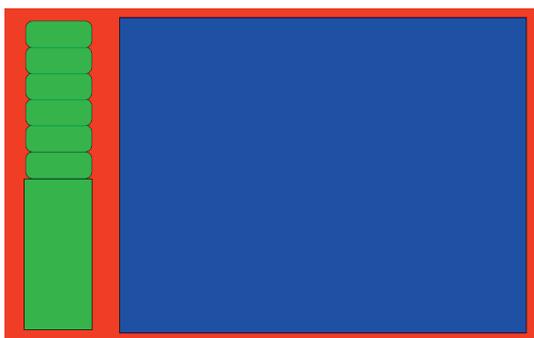
Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 19bis. Frecuencia de impacto de la combinación de color.  
Qué combinación de color le impactó más

	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos La rojo, verde y azul	7	46.7	46.7	46.7
La cyan, magenta, amarilla y negra	6	40.0	40.0	86.7
La naranja, verde y morada	2	13.3	13.3	100.0
Total	15	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

<sup>31</sup> Tal como se especificó anteriormente, todas las pantallas son de elaboración Lorena Noyola Piña.



Pantalla 09, esta pantalla causó mayor impacto a lo largo de los cuatro meses que duró el estudio.

En las tablas 20 y 20bis, están reportadas las frecuencias de la capacidad de evocación de las diferentes significaciones educativas. El menú con pestañas a manera de fólder reporta que lo seleccionó 53.3% de la muestra, seguido por el menú de pestañas del lado izquierdo, separadas del contenido con 26.7%; y, finalmente, el menú de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico con 20%. Esto coincide con los datos reportados en la tabla 17. El menú más recordado y con mayor capacidad de evocación es el que tiene las pestañas a manera de fólder. En cuanto a la combinación de colores, se repiten los resultados reportados para la combinación que más se recuerda y que más impacta: la combinación de RGB tiene 46.7%, seguida por la CMYK con 40%; y, al último, la NVM con 13.3%. Es notable que en lo referente al color, sea la combinación RGB la predominante, sobre todo porque es la que corresponde a la fisonomía del ojo. Los resultado de las tablas 20 y 20bis corresponden a la pantalla 04, anteriormente referenciada.

Tabla 20. Frecuencia de la capacidad de evocación del menú  
Qué menú considera que evoca más

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	El de pestañas a manera de fólder	8	53.3	53.3	53.3
	El de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido	4	26.7	26.7	80.0
	El de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	3	20.0	20.0	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 2obis. Frecuencia de la capacidad de evocación de la combinación de color.  
**Qué combinación de color consideras que evoca más**

		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	La rojo, verde y azul	7	46.7	46.7	46.7
	La cyan, magenta, amarilla y negra	6	40.0	40.0	86.7
	La naranja, verde y morada	2	13.3	13.3	100.0
	Total	15	100.0	100.0	

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En un comparativo, podemos ver que los resultados del menú menos recordado y que causó menos impacto coinciden: el de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido. Sin embargo, el que se considera con menor capacidad de evocación es el de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico. De igual forma, el menú más recordado coincide con el que mayor capacidad de evocación tiene: el de pestañas a manera de fólder. Esto es acorde a la teoría de la Gestión Mental, y se combina con lo que se define como significación educativa (signos medios auxiliares). En principio, se infiere de las teorías en las que basamos en análisis de resultados, que cuando un menú logra impactar en ubicación y color, la imagen se fija en la memoria y puede ser utilizada para evocar. Esa evocación, que parte de la evocación visual, remite al individuo directamente al contenido, al establecer una relación intrínseca del diseño con el contenido, y al evocar el contenido a partir de la memoria del diseño. Finalmente, debe comentarse que el uso de la memoria para generar aprendizaje (ya sea memorístico, de descubrimiento o significativo, como lo plantea Ausubel), es una práctica común. Cuando el individuo recuerda la significación, lo que genera procesos mentales adicionales y referentes, entonces se puede decir que existe una práctica evocativa. Finalmente, el diseño funciona como estímulo medio artificial, genera una zona proximal en su conjunto; además, funciona como ancla (en términos de Vygotski) y como disparador del proceso de evocación. Así, podemos afirmar que el menú de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido no genera las condiciones mentales para que sea utilizado como significación educativa con miras a ser utilizada como signo medio artificial para una evocación mental, mientras que el menú de pestañas a manera de fólder sí genera las condiciones necesarias para una evocación, y eventualmente un aprendizaje.

En los otros menús se dan respuestas opuestas. Mientras que el de pestañas arriba a manera de fólder es el que más recuerdan y el que presenta mayor capacidad de evocación, con un porcentaje de 66.7% y de 53.3% respectivamente, el de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico es el que más impactó, con 46.7% en su tabla comparativa. Sin embargo, si existe una coincidencia en lo referente a la combinación de colores más recordada y evocada, y en la menos. La combinación de color que menos fue recordada, que generó un menor impacto y que se reportó como la que tiene menor capacidad de evocación fue la NVM. Mientras que la combinación más recordada, que causó un mayor impacto y que tiene la mayor capacidad de evocación fue la RGB. En todas las tablas, esta última combinación reporta un porcentaje de 46.7%. Estos resultados indican que la combinación RGB es la más adecuada para generar una significación educativa que permita que se dé una evocación por memoria e impacto visual. De esta manera, esta combinación es también la de colores luz, que son los de pantalla, como se expone en este documento; pero también es la que fisiológicamente tiene el ojo en los conos, como ya se comentó. Se puede inferir que es a través de la estimulación del nervio óptico, con colores luz, en la que se da la percepción adecuada para que el cerebro permita la creación de anclas mentales y que después sean utilizadas para conexiones neuronales. Este dato de los colores, también es

resultante de que el diseño de la interfaz es un elemento nuevo que está iniciando referencias en la estructura cognitiva; a diferencia de los colores, que están asumidos en dichas estructuras, y que son mucho más fáciles de clasificar de inicio, ya que el cerebro y los procesos mentales que se llevan a cabo durante la percepción son conocidos por los individuos desde su infancia.

Tabla 21. Correlación de las variables del menú *recuerdo*, *impacto* y *evocación*, contra la variable *tiempo*.

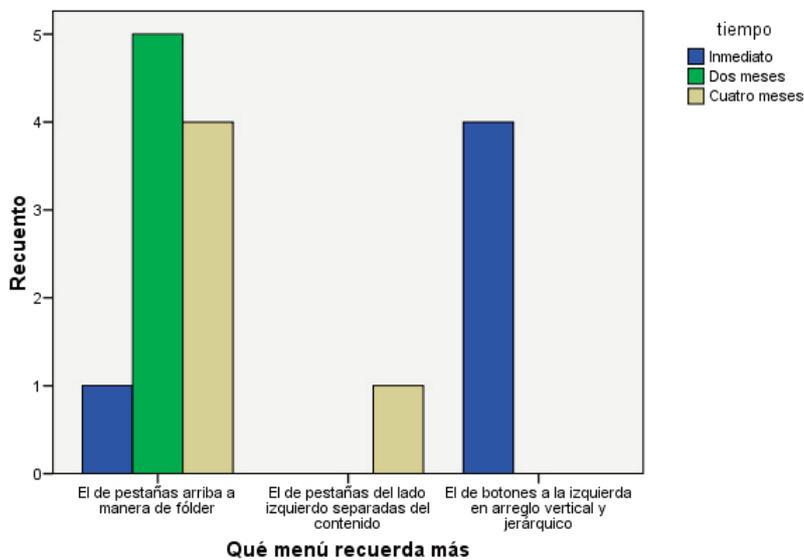
Tabla de contingencia Recuento					
		tiempo			Total
		Inmediato	Dos meses	Cuatro meses	Inmediato
Qué menú recuerda más	El de pestañas arriba a manera de fólder	1	5	4	10
	El de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido	0	0	1	1
	El de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	4	0	0	4
Qué menú le impactó más	El de pestañas arriba a manera de fólder	1	2	2	5
	El de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido	2	1	0	3
	El de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	2	2	3	7
Qué menú considera que evoca más	El de pestañas a manera de fólder	1	4	3	8
	El de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido	1	1	2	4
	El de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	3	0	0	3

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

En el análisis del desarrollo de las variables del menú *recuerdo*, *impacto* y *evocación*, contra la variable *tiempo* (véase la tabla 21), se observa que en el cuestionario que se aplicó inmediatamente después de la visualización de la significación educativa, el menú más recordado y que se consideró con mayor capacidad de evocación, fue el de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico (véase Gráficas 1, 2 y 3). Este menú igualó al de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido en el impacto causado. El menú con menos referencias en las tres variables fue el de pestañas arriba a manera de fólder. Lo anterior tiene que ver con la dirección de lectura occidental, que se refleja en la estructura cognitiva y en cómo leemos los espacios: el lado izquierdo-abajo, es el que primero verifica y asimila nuestra percepción. En el segundo momento de contacto,

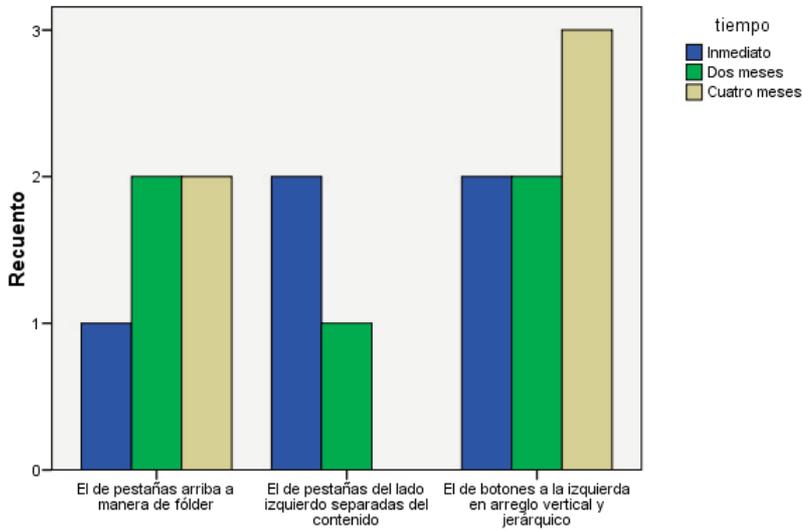
a los dos meses, 100% de los participantes recordó como primera opción el menú de pestañas a manera de fólder, y 80% lo reportó como el menú que mayor capacidad de evocación tenía, en cuanto al impacto que causó, quedó en el mismo porcentaje que el de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico, que mantuvo la misma proporción que en el contacto inmediato: 40%. En menú que pasó a tercer lugar en todas las variables fue el de pestañas a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico, esto se debe a que la presencia en gráfica es menor al menú de arreglo vertical, y los estímulos medios auxiliares se diluyen en la percepción al no causar un impacto prolongado. En el último contacto, a los cuatro meses, se reporta que el menú de pestañas arriba a manera de fólder se conservó como el más recordado con 80% de las menciones; aunque, el de pestañas del lado izquierdo tuvo su única mención con 20%. Lo anterior puede deberse a la propia referencia de las pestañas y a la lectura con dirección occidental. En cuanto a la variable *impacto*, en el último reporte, el menú de pestañas arriba a manera de fólder se mantuvo con 40%; sin embargo, el menú de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico causó mayor impacto con 60%. Esto se debe a la capacidad gráfica del menú, ya que ocupa más espacio en la pantalla, al mismo tiempo que coincide con la lectura occidental. Finalmente, en cuanto a la capacidad de evocación de los menús, en el periodo de cuatro meses, se puede observar que el menú de pestañas a manera de fólder tiene 60% de menciones, mientras que el de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido tiene 40%, y el menú de botones a la izquierda pasó, en cuatro meses, a no ser considerado como capaz de evocar. Hubo un descenso entre el segundo y en cuarto mes de la percepción de la capacidad de evocación del menú de pestañas a manera de fólder, pero, como anteriormente mencioné, puede deberse a la tendencia natural de la lectura occidental y a que se utilizó el mismo tipo de gráfico, las pestañas.

Gráfico de barras



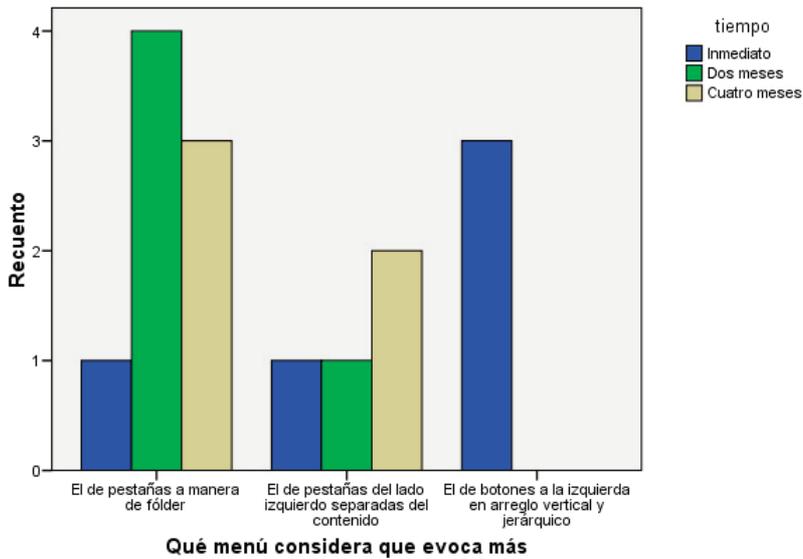
Gráfica 1. Recuento de la variable *recuerdo* con la variable *menú*.  
Fuente: Todas las gráficas son elaboración de la autora

Gráfico de barras



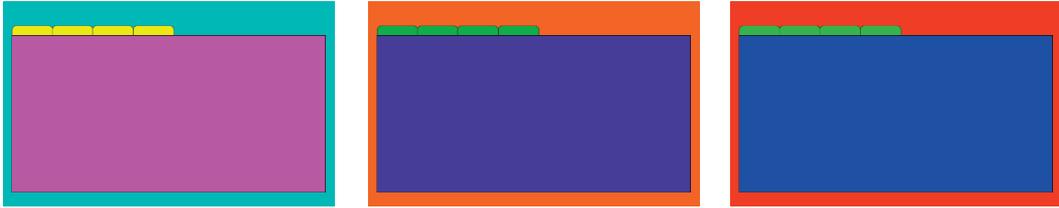
Gráfica 2. Recuento de la variable *impacto* con la variable *menú*.

Gráfico de barras



Gráfica 2. Recuento de la variable *impacto* con la variable *menú*.

En el cuestionario se hicieron preguntas cualitativas para verificar la fidelidad del recuerdo a lo largo del tiempo. Así, a continuación se presentan las descripciones de los menús a lo largo del tiempo:



Descripciones vertidas en el cuestionario inmediato:

- 1) Era un rectángulo grande, con tres pequeños pegados a éste arriba, en la parte izquierda, los cuadros pequeños eran de distinto color con respecto al grande y al fondo.
- 2) Es una ventana grande dentro de la cual hay otras más pequeña, esta última tiene en la esquina superior izquierda cuatro pestañas de color diferente a las dos ventanas.
- 3) Tenía dos recuadros, uno que contenía todo y era el más grande, el otro un poco más pequeño. Había pestañas del mismo tamaño, seguidas unas de otras, que estaban juntas al recuadro interior en la parte superior.
- 4) Tiene un fondo de color, encima tiene un rectángulo grande casi centrado, arriba de el otros rectángulos de menor tamaño.
- 5) Tiene un recuadro de diferentes colores y dentro hay otro, éste tiene arriba 4 pestañas de diferentes colores

Descripciones vertidas a los dos meses:

- 1) Es un rectángulo que contiene un rectángulo más pequeño, sobre el rectángulo pequeño hay cuatro rectángulos mucho más diminutos, del mismo tamaño cada uno de ellos, concentrados en el lado izquierdo superior de la pantalla.
- 2) Tenía cuatro pestañas en la parte superior izquierda, y un gran rectángulo en la parte inferior pegado a las pestañas.
- 3) Un rectángulo casi centrado con tres rectángulo más pequeños en la parte superior izquierda del rectángulo.
- 4) Un rectángulo grande con unos botones arriba de lado izquierdo, todos esos son del mismo tamaño.
- 5) Un rectángulo que tiene dentro a otro rectángulo y del lado izquierdo hay pestañas.

Descripciones vertidas a los cuatro meses:

- 1) Es un rectángulo que contiene otro rectángulo un poco más pequeño y sobre éste, de lado izquierdo de la pantalla, hay cuatro pestañas rectangulares, seguida una de otra horizontalmente, mucho más pequeñas que los dos rectángulos.
- 2) Es un rectángulo que tiene cuatro pestañas en la parte superior izquierda del rectángulo más grande.
- 3) Las pestañas se desprenden de recuadro y todo está dentro de un recuadro.

- 4) Tiene cuatro pestañas en la parte superior izquierda del rectángulo más grande.
- 5) Todo está dentro de un rectángulo y dentro de él hay otro rectángulo y tiene las pestañas arriba.

Se puede detectar cómo se va perdiendo el detalle de la descripción a lo largo de los cuatro meses. Mientras que las primeras descripciones son detalladas y cuidadas, las últimas refieren únicamente a las formas primarias que componen en menú. Sin embargo, se conserva la ubicación como parte primordial de la descripción, así como la ubicación de las pestañas.

Con respecto al menú de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido, en el primer cuestionario las descripciones fueron:



- 1) Es una ventana grande que contiene cuatro pestañas con esquinas redondeadas, al lado derecho de éstas hay una ventana de diferente color.
- 2) No lo recuerdo bien, creo que eran unas pestañas a la orilla del fondo y separadas del rectángulo grande, estás pestañas eran de distinto color del rectángulo grande y del fondo.
- 3) Tiene igual los dos recuadros, sólo que las pestañas del menú cambian de posición, del cual no recuerdo mucho.
- 4) Tiene un fondo de color, casi centrado se encuentra un rectángulo y de lado izquierdo tiene otros rectángulos.
- 5) Tiene un rectángulo dentro y del lado izquierdo hay 4 rectángulos.

En el segundo cuestionario fueron:

- 1) Creo que aquí los pequeños botones son igual de tamaño, pegados a la parte izquierda de la pantalla, de lado derecho sigue el rectángulo grande.
- 2) No me acuerdo.
- 3) Son cuatro pestañas del lado izquierdo separadas de un gran rectángulo al lado derecho.
- 4) Un rectángulo (1) grande que contiene uno un poco más pequeño (2) y los cuatro rectángulos diminutos del mismo tamaño, pero del lado izquierdo del rectángulo (2).
- 5) Un rectángulo con otro rectángulo más pequeño y a la izquierda, fuera del rectángulo pequeño, pero pegado a él, cuatro pestañas colocadas verticalmente seguida una de otra.

En el último cuestionario fueron:

- 1) Un rectángulo que contiene otro rectángulo más pequeño y del lado izquierdo, fuera del rectángulo pequeño, pero pegado a él, cuatro pestañas rectangulares colocadas verticalmente seguida una de otra mucho más pequeñas que los otros dos rectángulos.
- 2) No me acuerdo.

- 3) Sin respuesta.
- 4) Hay cuatro pestañas del lado izquierdo, separadas del rectángulo más grande.
- 5) En un rectángulo, hay cuatro pestañas del lado izquierdo separadas del rectángulo más grande.

Este menú fue el que menos impacto tuvo, incluso inmediatamente después de la visualización, no se pudo tener una descripción segura y detallada. En el diseño, utilizar los elementos a la izquierda es efectivo; sin embargo, en esta significación visual las pestañas son imperceptibles para el usuario, por lo que no cumple con los requisitos para causar o generar aprendizaje por medio de la evocación o la memoria. Si no se percibe la pestaña, es poco probable que el individuo pueda recordar los temas que se trataron en el curso. De hecho, una de las funciones de las pestañas es precisamente ubicar al alumno e indicarle qué tema está tratando, son signos importantes dentro de la significación, como ya se explicó en el apartado de diseño anteriormente.

Asimismo, este tipo de menú, donde además de las pestañas estarían otras herramientas útiles para el usuario, no es efectivo para las mismas, ya que su ubicación sería igual de fallida.

Finalmente, para el menú de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico, las descripciones fueron:



- 1) Del lado izquierdo superior hay cuatro rectángulos y otro más alto, también están en el recuadro.
- 2) Dentro de la ventana más grande hay una columna de seis cuadros con esquinas contorneadas, y un rectángulo grande debajo de éstas. Al lado derecho hay una ventana rectangular de otro color.
- 3) Estaba el mismo rectángulo grande y había unos rectángulos del lado izquierdo, creo que adheridos al rectángulo grande, aumentaban el tamaño en orden descendente.
- 4) Tiene fondo de color, un rectángulo recargado hacia la derecha y de lado izquierdo, pegado a este rectángulo se encuentran otros rectángulos de menor tamaño y otro un poco más grande abarcando la altura del rectángulo mayor.
- 5) Tiene los recuadros, sólo que el menú está de lado izquierdo de la pantalla, separado del rectángulo interior. Los primeros botones del menú son del mismo tamaño, el último abarca más espacio.

Las descripciones en el segundo mes fueron:

- 1) El rectángulo grande sigue de lado izquierdo, efectivamente está la barra con los rectángulos, según yo el orden jerárquico de es de arriba hacia abajo.
- 2) Hay unas pestañas pequeñas y una un poco más larga de lado izquierdo, separadas del rectángulo más grande del lado derecho.
- 3) No me acuerdo.
- 4) Un rectángulo con otros rectángulos más pequeños del lado izquierdo, colocados verticalmente separados a la misma distancia uno de otro.

- 5) Un recuadro que contiene un rectángulo y rectángulos más pequeños, separados del rectángulo, colocados uno sobre otro, del lado izquierdo del rectángulo.

Las descripciones en el cuarto mes fueron:

- 1) Los botones están como aparte del rectángulo y como que se perdían.
- 2) Seis pestañas de lado izquierdo y al último hay un rectángulo pegado a ellas. Hay un rectángulo mucho más grande de lado derecho.
- 3) Sin respuesta.
- 4) Un rectángulo con pestañas de lado izquierdo, y al último hay un rectángulo pegado a ellas. Hay un rectángulo mucho más grande de lado derecho.
- 5) Un rectángulo que contiene otro rectángulo más pequeño, del lado izquierdo cuatro rectángulos aún más pequeños colocados horizontalmente separados a la misma distancia uno de otro.

En este menú, a pesar de que los reportes en las preguntas con variables fue el que más impactó en el primer momento, se pierde con mayor rapidez la capacidad de descripción física. Incluso para el cuarto mes, a pesar de la claridad de la pregunta en el cuestionario, se da la descripción de otro de los menús. Además, en cuestión de diseño, esta significación, como puede notarse a simple vista, es la que más sacrifica el espacio de los contenidos por el espacio de los botones. Aún así, y contando que es el menú que más impactó, y que más se relaciona con la lectura occidental, con el tiempo perdió eficacia para evocar y para generar disparadores mentales que relacionarían la estructura cognitiva con el contenido.

En cuanto a las combinaciones de colores, se observa en la tabla 22, así como en las gráficas 4, 5 y 6, que los resultados de la evolución de la percepción de los colores está íntimamente relacionada con la estructura cognitiva y con las funciones rudimentarias y las anclas gráficas. Lo anterior con base en que, a pesar de que un análisis, como el que anteriormente se llevó a cabo con respecto a la combinación RGB, en donde en el análisis completo es la que más menciones tiene, y que por consiguiente parecería que es la adecuada a utilizarse en las significaciones educativas; en el análisis temporal vemos que hacia el último periodo, es la que menos se recuerda, aunque sea la que se percibe como la que mejor capacidad de evocación tiene. El funcionamiento del color a nivel cerebral es mucho más dinámico y reporta diferencias claras según la temporalidad.

Con respecto a la variable *recuerdo*, la combinación RGB, inmediatamente después de la visualización, reporta 40%, igual que la CMYK, y, al último, la NVM con 20%. Al segundo mes, la RGB reporta 80%, y la CMYK 20%. En el cuarto mes, la RGB termina con 20%, la CMYK con 40% y la NVM con otro 40%. Los colores NVM son los colores secundarios en el sistema de color pigmento, por lo que, atendiendo a Vygotski, y como ya se comentó anteriormente, estimula puntos similares a los colores primarios que son CMY. En el tiempo, el cerebro termina recordando la combinación, o las combinaciones, pigmento por sobre las combinaciones luz. Esto se relaciona con que la estructura cognitiva está sedimentada con los colores que utilizamos en los impresos, y no con los colores luz, que no son utilizados en la vida cotidiana. Es decir, el cerebro reconoce en el tiempo, de manera mucho más eficaz y lo relaciona con la estructura cognitiva de forma profunda, a las combinaciones de colores pigmento, que está “acostumbrado” a ver de forma continua. Esto se ratifica con la variable *impacto*, en donde la combinación RGB es la que mayor impacto causa de forma inmediata con 80%, pero que en el segundo mes se reduce a la mitad su impacto con un 40% y termina con un 20%. La combinación CMYK, aumenta de forma similar, sólo que de forma inmediata no reporta impacto, a los dos meses cuenta con un 40% y termina con un 80% de impacto, lo que claramente refiere a que el cerebro la asimila

de forma natura y la posiciona a través de recurrir a la estructura cognitiva y las funciones rudimentaria, a pesar de que la RGB es la que estimula de manera natural al órgano de la vista. Es decir que, el estímulo físico pasa a ser un estímulo mental, trasformándose según las convenciones sociales en las que se mueve el individuo desde su niñez. Finalmente, la combinación NVM, reporta un 20% de forma inmediata y lo conserva a dos meses, para después no tener reporte alguno.

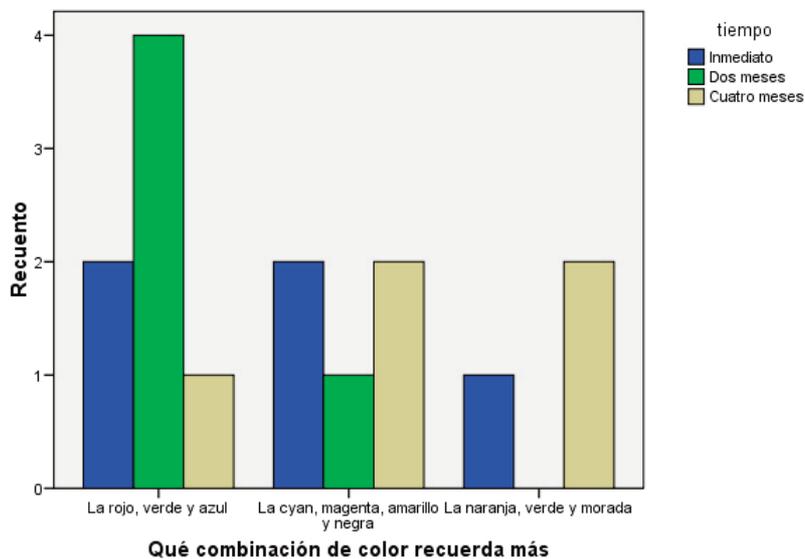
Tabla 22. Correlación de las variables de color *recuerdo*, *impacto* y *evocación*, contra la variable *tiempo*.

Tabla de contingencia Recuento					
		tiempo			Total
		Inmediato	2 meses	4 meses	Inmediato
Qué combinación de color recuerda más	La RGB	2	4	1	7
	La CMYK	2	1	2	5
	La NVM	1	0	2	3
Qué combinación de color le impactó más	La RGB	4	2	1	7
	La CMYK	0	2	4	6
	La NVM	1	1	0	2
Qué combinación de color consideras que evoca más	La RGB	2	2	3	7
	La CMYK	2	3	1	6
	La NVM	1	0	1	2

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

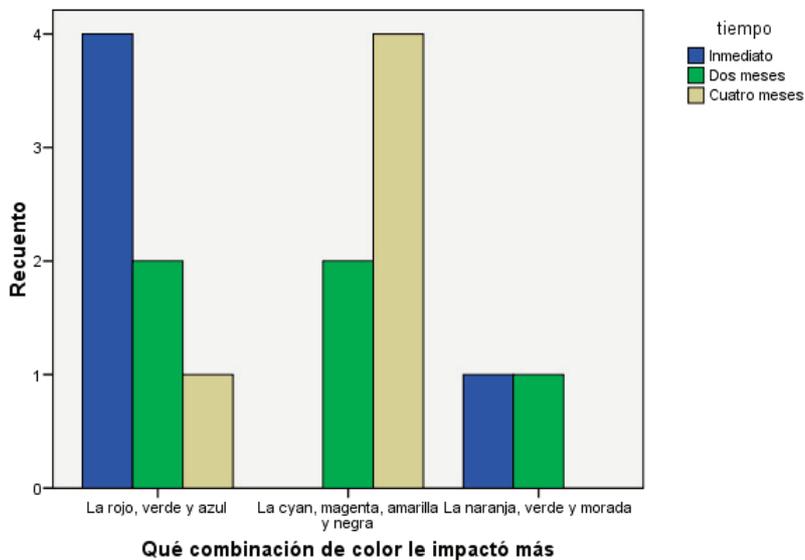
En el caso de la variable *evocación*, que se refiere a la percepción de la propia combinación por parte del alumno, la combinación RGB y la CMYK, reportó cada una 40% de forma inmediata, mientras que la NVM reportó 20%. Al segundo mes, la combinación RGB se mantiene con 40% y la CMYK sube a 60%. Finalmente, al cuarto mes la combinación RGB termina con 60%, la CMYK con 20% y la NVM con otro 20%. Como esta variable es realmente perceptual, al final del estudio, la combinación RGB se relaciona más con la capacidad de evocación que otra combinación, pero es contradictorio con los resultados referentes a la memoria, actividad mental intrínsecamente relacionada con la evocación.

Gráfico de barras



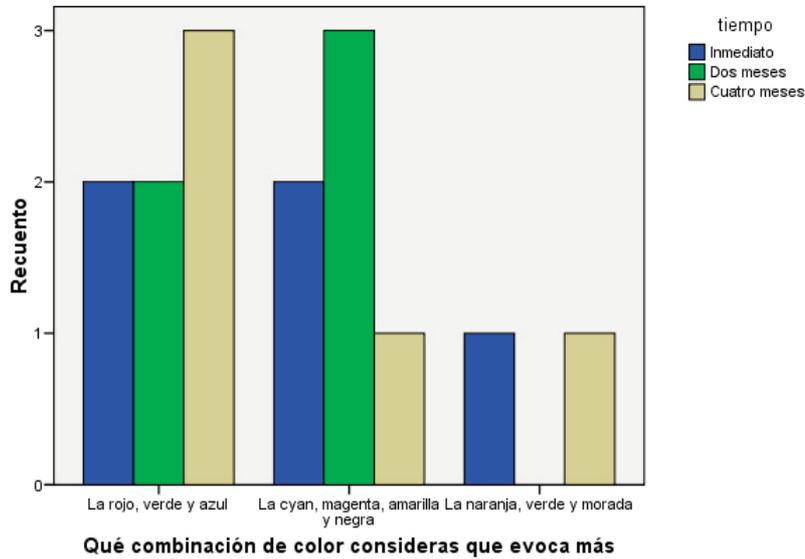
Gráfica 4. Recuento de la variable *recuerdo* con la variable *color*.

Gráfico de barras



Gráfica 5. Recuento de la variable *impacto* con la variable *color*.

Gráfico de barras

Gráfica 6. Recuento de la variable *evocación* con la variable *color*.

Las descripciones que se obtuvieron mediante el cuestionario sobre las combinaciones de colores son las siguientes:



Las descripciones de la combinación RGB con respecto a la variable *tiempo* de forma inmediata fueron:

- 1) En cuestión de proporciones, en primer lugar está el rojo, después el azul y por último verde. En cuestión de orden en que los vi fue: rojo, verde y azul.
- 2) En esta ventana me llama más la atención el color azul, y lastima mi vista si lo ve por un tiempo prolongado, ya que los tres colores son muy chillantes.
- 3) Recuerdo que eran colores muy fuertes, es por eso que me impactaron, además de asociarlos con la bandera de México. Sólo recuerdo la combinación, pero no el color de cada cuadro, podría decir que el fondo en cada imagen con esta combinación era azul, los cuadros grandes rojos y los pequeños verdes.
- 4) Sin respuesta.
- 5) Son colores muy vivos, que se quedan mayor tiempo grabados en la "vista" y causan un efecto de vibración.

Las descripciones de la combinación RGB en el segundo mes fueron:

- 1) En color rojo estaba todo el fondo, de azul el cuadro grande y de verde las pestañas.
- 2) Fondo rojo, el rectángulo de en medio color rojo y los otros rectángulos más pequeños color azul.
- 3) Recuerdo que los colores eran muy “chillantes”. Creo que el fondo era el rojo, el rectángulo grande verde y los pequeños azules, aunque recuerdo muchas combinaciones, creo que me estoy confundiendo.
- 4) Un fondo verde con un rectángulo rojo y botones azules.
- 5) Verde el fondo. Rojo el rectángulo. Azul los botones del lado izquierdo del rectángulo rojo.

Las descripciones de la combinación RGB en el cuarto mes fueron:

- 1) Las pestañas tienen un color verde, el recuadro más grande tiene un color azul y el fondo es rojo, estos colores se me hacen armoniosos.
- 2) Sin respuesta.
- 3) Sin respuesta.
- 4) El menú uno: con el rectángulo grande rojo, el rectángulo más pequeño azul y las pestañas verdes.
- 5) Sin respuesta.

A través del tiempo, se puede observar cómo se van diluyendo los detalles del diseño, pero se recuerdan los colores. Aunque no es ideal para la generación de anclas mentales, para una significación educativa, el recuerdo de la combinación hizo que fuera la más mencionada en las tres variables. Esto se puede deber a que la fisonomía del ojo tiene tres tipos de conos que corresponden a estos colores. En una significación educativa, se supone, con fundamento en las teorías psicopedagógicas que aquí trabajamos, que los signos vygotskianos se vuelven trascendentes para la evocación y la generación de aprendizaje, cuando pueden o son relacionados mentalmente con un contenido o tema. Así, a pesar de ser la combinación más mencionada, la confusión que se reporta en la descripción a través del tiempo, puede poner en riesgo su función como ancla gráfica.

En cuanto a la combinación CMYK, los datos reportan:



- 1) Esta combinación es la que más recuerdo porque me gustó la combinación, los cuadros pequeños eran de color magenta, el grande amarillo y el fondo cian, el negro, creo, fue usado sólo para los bordes.
- 2) El amarillo estaba en los botones, el cian estaba en el contorno y el magenta estaba en medio.
- 3) No la recuerdo.
- 4) Se me hace que de estos colores ninguno resalta más que el otro, sólo por el espacio que ocupan. Es muy fácil de olvidarme de estos colores.
- 5) Son colores opacos, pasan discretos ante la “vista”.



La segunda descripción de la combinación fue:

- 1) Un fondo magenta con un rectángulo cian y pestañas amarillas.
- 2) No recuerdo nada negro más que las líneas, de cian el fondo, de amarillo las pestañas y de magenta el rectángulo.
- 3) No lo recuerdo.
- 4) Esta combinación me evoca a una experiencia personal, pero además los colores funcionan bien juntos, recuerdo que el fondo el cian, el rectángulo grande, amarillo, y los pequeños magenta. Los bordes eran negros, ¿o con negro te refieres a las pantallas negras que había entre cada combinación?
- 5) Magenta el fondo. Cian el rectángulo. Amarillo las pestañas sobre el rectángulo.

La última descripción se reportó:

- 1) La combinación de estos colores me evoca tranquilidad. Las pestañas recuerdo, amarillas, cian el fondo, y magenta el recuadro más grande.
- 2) El rectángulo grande cian, el más pequeño, magenta, y los botones amarillos.
- 3) No recuerdo.
- 4) El cian está afuera, el magenta dentro y el negro es el contorno.
- 5) El cian era el color base, el magenta era el rectángulo de encima, y el amarillo es color de las pestañas, y el negro eran las líneas.

La primera nota que debemos revisar, es que esta combinación fue presentada en segundo lugar, después de la RGB. Como se mencionó anteriormente, la RGB tiene una percepción fuerte, ya que los colores saturan el monitor. Hay que recordar que el monitor está hecho de píxeles RGB, los colores utilizados son esos píxeles saturados, por lo que la emisión de luz es intensa, y se perciben muy brillantes. Al mismo tiempo, también influye la fisiología del ojo, que, como ya se ha repetido, está conformada por conos receptores de las ondas lumínicas que nos hacen percibir rojo, verde y azul. Así, cuando la segunda combinación fue visualizada, la primera percepción es de que son tonos pasteles, aunque en realidad no son tonos combinados con blanco, sino tonos lo más cercano a los primarios pigmentos, con la salvedad de que son, en realidad, luz porque son emitidos por el monitor. Es por eso, también, que el impacto de esta combinación fue menor, incluso se puede advertir una descripción donde inmediatamente después de la visualización se ubican mal los colores.

Al igual que la combinación anterior, en la CMYK las descripciones se transforman con el tiempo y sucede el mismo fenómeno: cambian la ubicación del color, pero recuerdan los elementos del menú. A diferencia de la RGB, esta combinación es la más referida al final del estudio, sus descripciones en el último periodo son más certeras que las del segundo mes, aunque 20% es respuesta pérdida. Esto, en combinación con los resultado de las preguntas de opción, puede deberse a que esta combinación es la que más se percibe en la cotidianidad, y el cerebro la mantiene en primera línea cuando se trata de recordar colores, ya que es la que se utiliza en cualquier tipo de impreso, desde revistas, cd, folletos, libros y otros. Con esto quiero decir que la combinación tiene ya generada un ancla en la estructura cognitiva, y que cualquier mención de ella es fácilmente reconocible, por lo que el individuo tienen a evocarla con mayor facilidad.

Finalmente, en la combinación que involucra a los colores secundarios pigmentos, NVM, las descripciones iniciales fueron:





- 1) De esta combinación me recuerdo el verde y morado, me recordé a una combinación que había visto antes, creo que el tono de los colores era normal, ni suave ni muy fuerte, creo que los fondos eran naranjas, el cuadro grande morado y los pequeños verdes.
- 2) En este menú, me llama más la atención el color naranja. No se me hacen ni chillantes ni apagados. El verde no me agrada, tal vez porque los que combinan más son el naranja y el morado.
- 3) Estos colores ni tan vivos y ni tan opacos, y pasan más desapercibidos.
- 4) Proporciones: NVM. Visión: NVM.
- 5) Sin respuesta.

Al segundo mes las descripciones fueron:

- 1) Un fondo morado con rectángulo verde y pestañas naranjas.
- 2) Morado el fondo. Verde el rectángulo. Naranja las pestañas sobre el rectángulo.
- 3) Las pestañas eran de color morado, la carpeta de verde y el fondo de color naranja.
- 4) No lo recuerdo.
- 5) Aquí sí, el fondo era verde, creo, el color naranja siempre era el rectángulo grande y los pequeños morados. También eran chillantes, pero no tanto, recuerdo que esta combinación no me gustó.

Finalmente, en el cuarto mes las descripciones fueron:

- 1) El rectángulo grande, morado, el rectángulo pequeño, naranja, y las pestañas, verdes.
- 2) Esta combinación es muy fuerte, las pestañas de verde, el fondo de naranja y el recuadro de morado.
- 3) No recuerdo.
- 4) Sin respuesta.
- 5) Sin respuesta.

En esta combinación, se observa que desde el inicio hay un cambio de ubicación del color; los colores se percibieron más suaves que la combinación RGB, pero más fuerte que la CMYK. Es notable que, al cuarto mes, tres de los individuos no describieran esta combinación. En cuestiones de percepción, esta combinación es la que menor contraste simultáneo produce, y que, además, es la menos referencial en la estructura cognitiva tiene, ya que no corresponde a la fisiología del ojo, y tampoco a las estructuras convencionales de impresión. Lo anterior, puede interpretarse como que si no tiene referencias físicas ni sociales, es la combinación que menos se recuerda, menos evoca y menos impacta.

En las tablas de contingencia que se realizaron, se cruzaron las variables *impacto*, *recuerdo* y *evocación* del color con la variable *recuerdo* del menú. Esto con base a que la capacidad de evocación de un menú está determinada por su capacidad de ser recordado. De La Garanderie, en su teoría de la gestión mental (véase el

apartado *La teoría de la Gestión Mental*), la evocación es la capacidad de recuperar elementos de la estructura cognitiva que se almacenaron por una experiencia específica y se encuentran en un estado latente en el cerebro, y que son recordados cuando se evoca. Por otro lado, es igual de importante el recuerdo en la teoría de la Asimilación, de Ausubel, ya que se plantea que existen un aprendizaje memorístico que eventualmente puede ser significativo; la teoría de Vygotski, que plantea que las funciones rudimentaria son esenciales para que se den las funciones superiores; y, finalmente, la teoría de las inteligencias múltiples, que, desde mi punto de vista, redondea las anteriores, asignándoles un toque personal, que es el que determina, a través de las inteligencia intrapersonal, la inteligencia espacial, la cinético-corporal, y la lingüística, que el individuo pueda evocar y de qué manera lo hace.

Todas las tablas reportan el total de datos a través del tiempo, esta aclaración es importante, ya que el objetivo de la investigación es verificar el comportamiento de las significaciones educativas en el cerebro y la mente, cuestión que ya se analizó en este apartado. Al mismo tiempo, es indispensable completar el estudio dando el resultado que va a permitir al diseñador elegir mejor la combinación de los colores en una significación educativa, lo cual se logra a través del análisis general de los resultados. En la tabla 23 se reporta la contingencia entre las variables *impacto* del color y *recuerdo* del menú, y se observa claramente que el menú que más se recuerda es el de pestañas arriba a manera de fólder. También cabe mencionar, que este menú, adicionalmente a la capacidad de evocación que tiene, permite al diseñador utilizar mejor el espacio, puesto que se aprovecha todo el ancho de la pantalla, el cual es la medida que el usuario ve a “golpe de ojo”. También permite que el usuario esté atento a su ubicación en el curso y tenga fácil acceso a las distintas herramientas que pueden ser necesarias en el curso. Esta tendencia se repite en la tabla 24 (variable *recuerdo* del color y del menú) y 25 (variable *evocación* del color y *recuerdo* del menú). Con esto, se concluye que el menú de pestañas arriba, a manera de fólder, es el menú que más se recuerda con cualquier combinación de color y que, por lo tanto, es el que mejor proceso mental produce: este menú es el que tiene mayor capacidad de generar conocimiento.

Con respecto al color, en la tabla 23 se observa que en el reporte de los totales (del menú y del color), la combinación RGB es la que más menciones tiene, seguida por la CMYK y en un porcentaje mucho menor la NVM. Por las razones antes expuestas, ésta última combinación no es indicada para ser utilizada en una significación educativa, ya que no tiene la fuerza que se requiere en la percepción para fomentar o coadyuvar en un proceso de evocación o de anclaje. Con una diferencia mínima, entonces, las combinaciones RGB y CMYK son las que más impactan. En cuanto a las tablas 24 y 25, la combinación que más se recuerda y se considera que mejor evoca es la RGB. En este punto, en el análisis temporal se pudo observar que la tendencia a recordar la combinación RGB fue perdiéndose en el tiempo, mientras que la combinación CMYK recuperó capacidad para ser evocada. Como antes se dijo, esto se debe a que son los colores que más se perciben por los individuos, ya que son los utilizados en los impresos, a lo mejor no en las proporciones que se presentan en las pantallas, pero son lo requeridos en las combinaciones para los impresos. Cabe decir y recordar, como se dijo también en el apartado sobre diseño digital (véase el apartado *El color en los monitores*), el color en los monitores tiene sus especificidades y esta basado en tecnología que funciona con colores luz, sin embargo siempre ha tratado de emular los colores pigmento, ya que la función de la computadora inicialmente fue en una correspondencia a lo análogo, y en ese sentido los diseños y el uso del color también han correspondido en mucho a lo análogo, es por eso que, por ejemplo, los periódicos en línea son negro sobre blanco, que es una combinación que se sabe agresiva a la retina, y que es muy difícil de leer si no se tiene un ambiente muy iluminado alrededor de la computadora, al igual que los procesadores de texto, que también llegan a tener el mismo efecto visual en los usuarios. Recapitulando, a pesar de que la combinación RGB es la que más menciones tiene, por el momento la combinación CMYK es la que más capacidad de generar conocimiento tiene,

ya que es la que mejor es evocada. Esto puede cambiar con el tiempo ya que la tendencia del diseño en pantalla va cambiando día con día.

Tabla 23.- Contingencia entre las variables *impacto* del color y *recuerdo* del menú

Tabla de contingencia Recuento					
		Qué menú recuerda más			Total
		El de pestañas arriba a manera de fólder	El de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido	El de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	El de pestañas arriba a manera de fólder
Qué combinación de color le impactó más	La RGB	4	0	3	7
	La CMYK	5	1	0	6
	La NVM	1	0	1	2
Total		10	1	4	15

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 24.- Contingencia entre las variables *recuerdo* del menú y del color.

Tabla de contingencia Recuento					
		Qué menú recuerda más			Total
		El de pestañas arriba a manera de fólder	El de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido	El de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	El de pestañas arriba a manera de fólder
Qué combinación de color recuerda más	La RGB	5	0	2	7
	La CMYK	4	0	1	5
	La NVM	1	1	1	3
Total		10	1	4	15

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Tabla 25.- Contingencia entre las variables *evocación* del color y *recuerdo* del menú

Tabla de contingencia Recuento					
		Qué menú recuerda más			Total
		El de pestañas arriba a manera de fólder	El de pestañas del lado izquierdo separadas del contenido	El de botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico	El de pestañas arriba a manera de fólder
Qué combinación de color consideras que evoca más	La RGB	6	0	1	7
	La CMYK	4	0	2	6
	La NVM	0	1	1	2
Total		10	1	4	15

Fuente: Elaboración Lorena Noyola Piña

Al final del cuestionario, se les pidió a los participantes que enumeraran en orden jerárquico el menú y la combinación que mejor recordaban y por qué, a continuación se presentan las respuestas que se obtuvieron inmediatamente después de la visualización de las significaciones educativas:

- 1.-El menú RGB de las seis pestañas verticalmente, por los colores y la composición. 2.- El menú CMYK. A manera de fólder, por ser el primero que vi. 3.- El NVM del menú en forma de fólder porque es el segundo que vi.
- 2) 1.- RGB, con el menú de la izq. 2.- NVM, con menú arriba. 3.- CMYK (sólo recuerdo la combinación sin menú). La primera, por los colores brillantes y el menú sobresaliente, la segunda por la mera combinación de colores, y la última sólo recuerdo los colores.
- 3) Las que recuerdo más es la combinación de rojo, verde y azul en sus tres modalidades.
- 4) Recuerdo más la de color cyan, magenta, y negro, porque esa combinación me gustó más. Después, recuerdo la de verde, azul y la otra casi no la recuerdo.
- 5) Recuerdo más la primera, que era la imagen del fólder con la combinación de CMYK. Quizá porque fue la primera que vi. La verdad no recuerdo una otra, vaya, sé que vi todas las combinaciones con todas las formas, pero no recuerdo una en concreto más que ésa. Algo más que recuerdo es que después de cada forma, y cambiando de color estaban unas pantallas negras.

En el segundo mes las respuestas fueron:

- 1) 1.- RGB 2.- CMYK 3.- NVM.
- 2) Creo que ya el único que recuerdo, y no claramente, es el menú en forma de fólder con la combinación de magenta, cyan y amarillo, con bordes negros. Como mencioné me evoca a una experiencia, además de ser una agradable combinación.
- 3) Recuerdo el menú de las pestañas sobre el rectángulo, después el de los botones y el final es de las pestañas al lado izquierdo del rectángulo. Los colores recuerdo más RGB, NVM; al final CMYK.

---

El orden se debe a que el primer menú es más común, y los colores RGB, es por lo llamativo que son en pantalla.

- 4) Sin respuesta.
- 5) Sin respuesta.

Al cuarto mes las respuestas fueron:

- 1) El de las pestañas separadas ordenadas jerárquicamente de color cyan, magenta, amarilla y negra.
- 2) No recuerdo.
- 3) Recuerdo más el menú uno, con la primera combinación de colores, tengo un vago recuerdo de los demás, pero ya no es tan preciso.
- 4) Sólo recuerdo el de las pestañas arriba con la combinación de magenta amarilla y negra.
- 5) Sin respuesta.

En esta parte del cuestionario, se puede observar que la capacidad real de jerarquizar los menús y las combinaciones de colores se fue perdiendo con el tiempo de forma importante, y que al final sólo se recupera la combinación CMYK y dos ubicaciones de menú, entre las que está la de pestañas arriba a manera de fólдер. Esto parece consistente con el sistema de color al que estamos expuestos constantemente a través de los impresos, desde libros, revistas, hasta espectaculares; al mismo tiempo, es notorio que a través del tiempo se traslade la memoria de un sistema consistente con el soporte, a otro que es consistente con soportes diferentes. En cuanto a la ubicación del menú, es notable y lógica la incidencia en la dirección de la lectura occidental, que comienza desde arriba a la izquierda, hacia la derecha, y después baja a la izquierda nuevamente.

Después de analizar todos los datos del estudio de campo, se puede llegar a la conclusión de que el menú con pestañas arriba a manera de fólдер y con una combinación de CMYK es el que mejor se acerca a la generación de conocimiento, en este momento y en individuos adultos entre 20 y 25 años de edad. Todo bien que el objetivo de la investigación es verificar si existen datos suficientes que sugieran el nivel de determinación en la interrelación entre los procesos cerebrales y los mentales al visualizar una interfaz digital, y el aprendizaje en un plazo de máximo cuatro meses. A continuación se presentan las conclusiones de esta investigación, en los que se concreta la relación entre diseño y proceso mental; de igual manera, se propone qué tipo de diseño es más recomendable, para una sociedad como la nuestra, para las interfaces educativas digitales. Antes de dar paso a las conclusiones, cabe decir que estas recomendaciones se pueden transformar con el transcurso del tiempo, ya que las circunstancias cotidianas, socio-culturales, se van modificando día con día, lo que impacta directamente en la percepción de los sujetos, así como los cambios en el conocimiento recibido y generado a través de las distintas etapas de formación.

---

---

## *Conclusiones: Interrelaciones entre la neurofisiología, la psicopedagogía y el diseño*

La presente investigación, pretende ser un aporte al área del diseño relacionado con las ciencias cognitivas y con las ciencias neurovisuales que se están desarrollando a nivel mundial, y que le aportan al diseñador una experiencia más allá de la estética. A partir de los estudios de las ciencias neurovisuales y cognitivas, el diseño revalúa su lugar en la generación de conocimiento a través de significaciones educativas en general, y digitales en particular. En el Reporte Final de la Unión Europea (2009: 34), se menciona que:

A partir del análisis de los estudios prospectivos recientes, se espera que el desarrollo de la ciencia cognitiva funcione como interfaz entre las ciencias de la vida y las ciencias físicas, y que acelere el progreso entre ambas disciplinas, al mismo tiempo que tenga implicaciones sociales profundas, mientras que incremente los retos fundamentales en ambos frentes. Las actuales aproximaciones a las TIC, pueden revolucionarse por el creciente entendimiento de los sistemas neuronales, el procesamiento neuronal de información y los procesos del pensamiento, así como el funcionamiento del cerebro. Esto puede tener como consecuencia la influencia sobre la arquitectura de las computadoras y algoritmos del futuro, y llevar al desarrollo de sistemas cognitivos artificiales y de robots autónomos. Contra este contexto, se volverá inevitable la reflexión intensa sobre qué significa ser humano.

Ser capaz de mezclar conocimientos de diferentes disciplinas es el reto más importante en el campo de la ciencia cognitiva. Ese acercamiento interdisciplinario es una condición *sine qua non*, por ejemplo, para el desarrollo exitoso de robots que respondan a las necesidades de los usuarios [...].

[...] Se debe prestar especial atención a la ruptura de los límites entre disciplinas científicas, y la promoción de acercamientos interdisciplinarios que involucren científicos de ciencias de la vida, de ciencias físicas y ciencias sociales. Debe darse importancia al desarrollo de una definición ampliamente consensuada del campo, así como del desarrollo de un programa de doctorado (PhD) y de programas de investigación que involucren científicos de varias disciplinas [...].

En esta investigación, lo que se realizó fue un estudio de campo, generado a partir de las teorías psicopedagógicas de Vygotski, de La Garanderie, Gardner y con el hilo conductor de Ausubel. A partir de ahí, se diseñaron significaciones educativas, que se interrelacionaron con la fisiología del ojo, el diseño gráfico digital y con el funcionamiento neurológico del cerebro, para determinar si existen datos suficientes que sugieran que a través del diseño se puede impactar directamente en la generación de conocimiento. Después de entrevistar a una muestra de cuota, en la que en el primer bloque se obtuvieron los individuos con las funciones rudimentarias similares, se llevó a cabo un estudio empírico que tomó cuatro meses y que involucró 15 cuestionarios (5 inmediatos, 5 a dos meses y 5 a cuatro meses), y nueve diseños (tres menús y tres combinaciones de colores), y que es la base para concluir la investigación.

Como dice Zeki (2002), “la tarea del cerebro consiste en extraer las características constantes e invariantes de los objetos a partir de la riada de información que sobre ellos recibe. La interpretación constituye parte

inextricable de la sensación. Por tanto, para adquirir su conocimiento de qué es lo visible, el cerebro no puede limitarse al mero análisis de las imágenes que le son presentadas en la retina; ha de construir activamente un mundo visual”. Zeki sostiene que lo anterior es la función primordial del cerebro visual, y que también es la función primordial del arte, que en este caso diremos del diseño de las significaciones educativas.

El trabajo de Zeki caracteriza la división compleja del trabajo que realiza el cerebro para la construcción de dicho mundo visual. Este trabajo es una “manifestación anatómica en áreas corticales discretas y en subregiones de tales áreas, que se hallan en funciones visuales específicas” (Zeki, 2002: 70). Según Zeki (2002), la corteza preestriada (o de asociación visual), tiene subregiones individualmente subespecializadas, que realizan tareas y cuyo conocimiento modificó el entendimiento de cómo se construye la imagen visual en el cerebro.

Si además nos basamos en las investigaciones de Salmelin, Hari, Lounasmaa y Sams (Salmelin, 1994), en las que demuestran en primer lugar que la técnica de la magnetoencefalografía permite conocer el comportamiento cerebral en fracciones de segundos y en tiempo real, y que con esa técnica se puede tener un mejor acercamiento al funcionamiento de mente y cerebro; y, en segundo lugar demostraron, a través del estudio de 6 individuos sanos, de entre 25 y 34 años de edad y diestros, mediante la visualización de imágenes en fracciones de segundos, que la combinación de las áreas corticales activadas fue diferente para cada individuo; sin embargo, el resultado de las áreas de estimulación en las etapas en donde estaba involucrado el lenguaje se comportaron de forma similar. El experimento constó de tres fases en general: una visualización pasiva en donde sólo se veía el estímulo, una visualización en donde se veía y se nombraba en voz alta el estímulo y, finalmente, una visualización en donde se veía y se pensaba el nombre del estímulo. A pesar de que se pusieron sensores en los dos hemisferios cerebrales, los sitios del hemisferio izquierdo fueron activados de forma más fuerte y consistentemente sensible al “nombramiento”. La amplia variación entre la ubicación de la fuente entre individuos, es acorde a registros de operación interna cortical, en la que los sitios específicos para el lenguaje fueron ampliamente distribuidos en los lóbulos frontales, temporales y parietales.

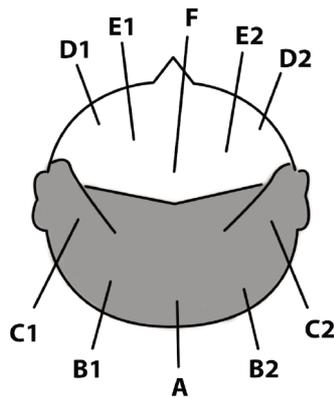


Figura C1. Regiones estimuladas a partir del reporte de Salmelin, 1994.  
Fuente: Elaboración propia a partir de un extracto de imagen



Las señales en el cerebro que fueron evocadas en la visualización pasiva reportaron un ligero incremento en su actividad con la acción de nombrar (zonas B1 y B2). Las señales cerebrales no intensificadas durante el nombramiento, son aparentemente sólo respuestas visuales. Las señales cerebrales cuando se dio un nombre específico fueron observadas en las áreas C1, D1 y D2 del cerebro. Los resultado de Salmelin (1994), durante el proceso de nombrar las imágenes, mostraron que las señales cerebrales procesadas avanzaban desde el área posterior de la corteza visual, hasta el área del lenguaje, y eventualmente a las áreas relacionadas con la vocalización. La supresión del ritmo de la actividad es frecuentemente interpretada como la participación de áreas corticales en el proceso de la información, también avanzó de áreas posteriores a anteriores. Otra conclusión del estudio realizado por Salmelin (1994), es que a pesar de que no se determinó una norma, durante la visualización pasiva se activaron numerosas áreas cerebrales relacionadas con el nombramiento, lo que puede indicar que los humanos etiquetan su mundo de forma automática. La reacción disímil de las áreas C1 y D1 al nombramiento, sugieren diferentes funciones: C1 es probablemente un área visual relacionada con el nombramiento, mientras que D1 se sobrepone al área de Broca.

Con los datos aportados por las investigaciones anteriormente referidas, y retomando la diferencia que hace Knoblauch (2004) entre los colores que se perciben psicológicamente, y los códigos eléctricos de los colores que recibe el sistema visual y que envía a las neuronas, y teniendo los resultados del estudio de campo, a continuación se presenta la conclusión de la investigación:

Si tenemos entonces, que el proceso empírico nos da que el menú con pestañas arriba a manera de fólder, y que lo que se recuerda es la combinación de colores *ad hoc* es la CMYK, pasando con el tiempo de la combinación RGB, puede interpretarse que los códigos eléctricos que llegan al cerebro a través de la visualización de las diferentes significaciones educativas a nivel fisiológico, son preferentes a la combinación RGB; esto lo podemos comprobar por las estadísticas y las tablas de contingencia que marcan claramente a la combinación RGB como la más mencionada, y sobre todo en los periodos inmediato y dos meses. Sin embargo, al paso del tiempo, la combinación CMYK es la que mejor se recuerda. Esto da pie a que se interprete como el paso de la pura visualización, a que se lleve a cabo un gesto mental y se utilice la evocación del color, que funciona como signo medio auxiliar, y que se tenga que recurrir a la estructura cognitiva ya formada. Siendo que, como se mencionó anteriormente, la combinación más arraigada en la estructura cognitiva es la CMYK, puesto que es la que se utiliza en los impresos y a la que se hace referencia en términos amplios y generales como el sistema principal de color y como los colores primarios; así, en la estructura cognitiva, la referencia a la combinación CMYK está constituida como un ancla, es decir, que es un punto nodal al cual referenciar. La combinación RGB, a diferencia, está relacionada mucho más con la parte fisonómica del ojo, y esto le confiere que la estimulación del ojo sea más agresiva y certera, así se envían códigos cerebrales que resultan en una percepción mucho más fuerte, al menos los primeros momentos después de la visualización. La percepción de la combinación RGB, como ya se analizó en el capítulo anterior, va diluyéndose en el tiempo, mientras que la de la combinación CMYK adquiere fuerza y termina por sustituirla. Así, se comprueba que el ancla que hace la combinación CMYK en la estructura cognitiva es mucho más fuerte que la de RGB. Al mismo tiempo, los resultados nos permiten extrapolar que la tendencia de la estructura cognitiva a favorecer a la combinación CMYK mediante la memoria y la evocación es social, puesto que representa lo más reconocible, pero no lo que los individuos participantes consideran como lo que tiene mayor capacidad de evocación (véase tabla 22). Esta tendencia a favorecer la memoria y la evocación de la combinación CMYK, puede ir cambiando en la medida que socialmente se utilicen los colores luz sobre los colores pigmento, y generen un ancla con mayor fuerza. Si usamos la experiencia de los estudios del comportamiento de estímulos visuales en cerebro de Salmelin (1994), se reporta que un elemento visual que es reconocible por el individuo,



---

sus señales en el cerebro pasan de las áreas visuales a las áreas de Broca; en cambio, con un elemento no reconocible las señales cerebrales pasan de las áreas visuales a un área diferente, y posteriormente al área de Broca, es decir, que en el área de Broca se reciben aquellos estímulos que son reconocibles y nombrables por el individuo. Este supuesto es lo que puede estar sucediendo con la combinación CMYK, que es mucho más reconocible; por lo tanto, su trayecto de la recepción de las señales cerebrales a la interpretación mental o percepción es mucho más estructurado y accesible que la RGB.

En el caso del menú, sucedió algo similar que con el color. La opción del menú con botones a la izquierda en arreglo vertical y jerárquico fue la opción más mencionada en el periodo inmediato después de la visualización; sin embargo, a diferencia de las combinaciones de colores donde fue más sutil el tránsito a la combinación CMYK en los menús, a partir del segundo periodo (dos meses), la tendencia hacia el de pestañas arriba a manera de fólger era clarísima. Esto puede deberse, en el primer supuesto, a que la lectura occidental a la que estamos habituados es jerárquica y de arriba abajo. El menú de botones a la izquierda, en arreglo vertical y jerárquico, cumple con las expectativas de ubicación con la que se manejaban en un inicio la gran mayoría de los desarrollos Web, porque era un lugar privilegiado en la pantalla al estar siempre visible. Al mismo tiempo, ese menú refiere también a una estructura de índice de libro tradicional en su disposición vertical y jerárquica. No obstante, la interfaz de pestañas arriba a manera de fólger permite, por un lado, una mejor visión del contenido al no estorbar; por otro, una mejor ubicación del individuo en el curso que está tomando. También permite al diseñador aprovechar mejor el espacio en todo sentido y contar con una barra dónde colocar los menús o las herramientas que le confieren un *plus* a la interfaz.

En conjunto, la combinación CMYK y el menú con pestañas arriba a manera de fólger, permite una utilización óptima del espacio, y el uso de colores que estimulan de forma suave al ojo y que pueden hacer uso de las adaptaciones del ojo a los colores, como el contraste simultáneo. No debemos olvidar los acromáticos (blanco y negro), que también permiten afinar y jugar con la estimulación cerebral. Por otro lado, y después de todo el análisis presentado, se puede decir que es el menú que mejor se recuerda, función superior (memoria), que es de suma importancia para poder generar aprendizaje significativo y que se está buscando para que exista una evocación adecuada. Con respecto a las inteligencias múltiples, podemos decir que la ubicación espacial de los elementos ha jugado un papel indispensable. Este análisis, presentado con respecto a las anclas visuales tanto de color como de ubicación, tiene una conexión real con la inteligencia espacial y lingüística, puesto que al final la tarea de descripción y de evocación que el propio estudio de campo implicó, hizo que se utilizaran esas inteligencias. Al mismo tiempo, esta investigación pone uso de herramientas multimedia en la discusión de cómo afectan y son utilizadas o pueden ser utilizadas para la evocación.

Finalmente, los resultados y conclusiones afirman que los distintos tipos de estímulos visuales modifican la estructura cognitiva de adultos entre 20 y 25 años de edad con funciones rudimentarias similares, todo bien que se establecen conexiones neuronales nuevas que permiten, después, hacer mucho más rápida la búsqueda en la propia estructura cognitiva, y, por lo tanto, más rápida la reacción del cerebro ante un estímulo ya conocido. Efectivamente, el diseño de la ubicación y el uso del color modifican la capacidad de evocación y de memoria, por lo que es de suma importancia que el diseñador de significaciones educativas proponga y estudie los efectos cognitivos de las interfaces si la intención es la generación eficiente y eficaz de un aprendizaje significativo. Si existe una interrelación entre las significaciones educativas, los procesos cerebrales y los procesos mentales que le confieren al diseño una importancia relevante en su papel como generador de conocimiento.

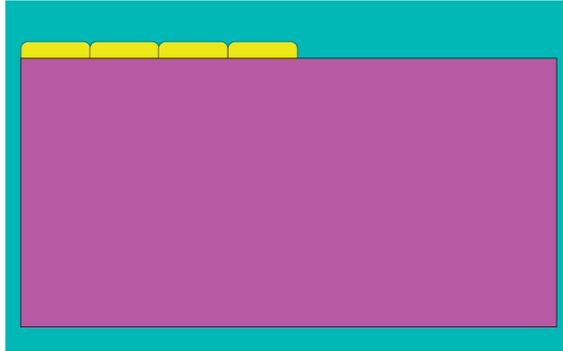


Figura C2. Este diseño y esta combinación de colores son óptimas para ser utilizadas en una significación educativa.

El funcionamiento de la mente es consecuencia de los estímulos que llegan al cerebro y que son objetos de procesos complejos, que fisiológicamente son dados por la sinapsis y en comportamientos visibles por medio de técnicas médicas novedosas, como es la magnetoencefalografía, que permite la visualización del campo magnético que se genera en el cerebro a partir del movimiento atómico neuronal. Este proceso complejo es un movimiento rizomático perenne que, de alguna forma, almacena conocimiento cuando se repliega. Ese conocimiento es accedido en el momento en que surge otro rizoma, y es intervenido, generando un rizoma diferente al original. Con esto, quiero apuntar que el movimiento fisiológico del cerebro permite las funciones mentales, pero que no se dan de forma autónoma, sino que tienen como detonante los estímulos externos y, en el caso de una interfaz educativa digital, se refiere particularmente a estímulos controlados en gran medida por un sujeto que pretende que se dé un proceso de reconocimiento y de interiorización de contenidos o interfaces específicas, a través del uso de las características formales del diseño y del aprovechamiento de los conocimientos actuales de teorías que se reflejan directamente en el humano y sus procesos. Este proceso de reconocimiento y de incorporación a la memoria individual, es el que va a darle al ser humano la posibilidad de mantener y utilizar memoria sobre su entorno y los sucesos que en él se desarrollan. El diseñador que cuente con las herramientas necesarias para poder generar interfaces y desarrollos virtuales con características reflexionadas sobre la posible lectura de la mente, va a poder generar dispositivos útiles a la sociedad local y nacional y, por supuesto, internacional. Queda, con esta investigación un indicio del camino a trazar en la interrelación de las ciencias cognitivas, las neurociencias y el arte, tres áreas que parecen lejanas, pero que son complementarias en aras de un aprendizaje bien dirigido.

## Referencias

- Andrä, Wilfried, y Hannes Nowak, (1998), *Magnetism in Medicine*, Wiley-VCH, Berlín, p. 511.
- Antoine de La Garanderie, (26 de febrero de 2006), “Antonie de La Garanderie”, [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Antoine\\_de\\_la\\_Garanderie](http://fr.wikipedia.org/wiki/Antoine_de_la_Garanderie), [consultada el 5 de marzo de 2006].
- Ashwal, Stephen, (1990), *The Founders of Chile Neurology*, Jeremy Norma Co. (publisher), Norman neurosciences serie, San Francisco, Estados Unidos, p.935.
- Brito-Mari, Barth, (1993), *Le savoir en construction. Former à une pédagogie de la compréhension*, Retz, Paris, p. 208.
- Casasús López Hermosa, Carlos, (Diciembre 2004), “Internet 2. Generando redes de colaboración”, [Online], Ciberhábitat, Ciudad de la informática, Universidad, México. Disponible en: <http://ciberhabitat.gob.mx/universidad/internet2/index.htm>, [consultada el 30 de noviembre de 2008].
- Cabero, Julio, (2001), *Tecnología educativa. Diseño y utilización de medios en la enseñanza*, Paidós, Barcelona, p. 539.
- Cabero Almenara, Julio, (1 de febrero de 1996), “Nuevas Tecnologías, comunicación y educación”, [Online], Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa, núm. 1 Grupo de Tecnología Educativa. Dpto. Ciencias de la Educación, Universidad de las Islas Baleares, con la colaboración de la Asociación de Usuarios Españoles de Satélites para la Educación (EEOS), Universidad de Sevilla. Disponible en: <http://www.uib.es/depart/gte/revelec1.html>, [consultada en febrero de 2004].
- Changeux, Jean-Pierre y Paul Ricoeur, (2001), *La naturaleza y la norma. Lo que nos hace pensar*, FCE, México, p. 318
- Changeux, Jean-Pierre, (7 de diciembre de 2004), “Neuroscience et Société” conferencia impartida en Les defies scientifiques du 21e siècle, Institut de France, [Online], Académie des sciences, Paris. Información disponible en: [http://www.academie-sciences.fr/conferences/seances\\_publicques/html/defis21\\_07\\_12\\_04.htm](http://www.academie-sciences.fr/conferences/seances_publicques/html/defis21_07_12_04.htm), [consultada el 5 de marzo de 2006].
- Chich, J. P., et al, (1991), *Pratique pédagogique de la gestion mentale*, Retz, Paris, p. 175.
- Cohen, Louis, Lawrence Manion, (1989), *Métodos de investigación educativa*, La Muralla S. A., Col. Aula Abierta, Madrid, pp. 243-269.
- Conceptos fundamentales, (s/f), “La Gestion Mentale. Concepts fondamentaux”, [Online], Instituto Internacional de Gestión Mental, Orsay, Francia. Disponible en: <http://www.iigm.org/default.aspx?tabid=32>, [consultada el 15 de mayo de 2007].
- Cognitive Brain Research Unit, (2006), “Risto Näätäen”, [Online], University of Helsinki. Disponible en [http://www.cbru.helsinki.fi/other/risto\\_naatanen.html#](http://www.cbru.helsinki.fi/other/risto_naatanen.html#), [consultada el 4 de noviembre de 2007].
- Cognitive neuropsychology, (3 de agosto de 2007), “Cognitive neuropsychology”, [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive\\_neuropsychology](http://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_neuropsychology), [consultada el 4 de noviembre de 2007].
- Cognitive neuroscience, (30 de octubre de 2007), “Cognitive neuroscience”, [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en: [http://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive\\_neuroscience](http://en.wikipedia.org/wiki/Cognitive_neuroscience), [consultada el 4 de noviembre de 2007].

- Compendio del curso Multimedia, (2002-2003), "Curso Multimedia 2002-2003", [Online], Universitat de Jaume I, Valencia, España. Disponible en: <http://www4.uji.es/~belfern/IS34/Teoria.htm>, [consultada el 3 de julio de 2004].
- Compendio del curso Multimedia, (2004-2005), "Curso Multimedia 2004-2005", [Online], Universitat de Jaume I, Valencia, España. Disponible en: <http://www4.uji.es/~belfern/IX34/>, [consultada el 19 de febrero de 2005].
- Creswell, John W., (1994), *Research Design. Qualitative and Quantitative Approches*, Sage Publications, Thousand Oaks, California, p. 74.
- CUDI, (s/f), "Portal de CUDI", [Online], Corporación Universitaria para el Desarrollo de Internet, A. C., Internet 2 – México. Disponible en: <http://www.cudi.edu.mx/>, [consultada el 30 de noviembre de 2008].
- De la Fuente, Ramón, Francisco Javier Álvarez Leefmans, (1998), Colección de psicología y psiquiatría y psicoanálisis, El Colegio Nacional y Fondo de Cultura Económica, México, D. F., México, p. 532.
- De la Garanderie, Antoine, (1987), *Comprendre et imaginer : les gestes mentaux et leur mise en oeuvre*, Centurión.
- De la Garanderie, Antoine, (1990), *Pour une pédagogie de l'intelligence*, Centurión, Paris.
- De Oyarzábal, Juan, (1977), *Mecánica Clásica*, sin editorial, México, p. 431.
- Díaz, Eduardo, (2002), "40 Años de resonancia magnética nuclear en México" [Online], Journal of the Mexican Chemical Society, 46 (003). Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=47546318>, [consultada el 31 de octubre de 2007], ISSN 1870-249X.
- Flessas, Janine, (1997), "L'impact du style cognitif sur les apprentissages" [Online], Les difficultés d'apprentissage, Volumen XXV, núm. 2, otoño-invierno 1997, Asociación canadiense de educación de la lengua francesa, Canadá. Disponible en: <http://www.acelf.ca/c/revue/revuehtml/25-2/r252-03.html>, [consultada el 5 de marzo de 2006].
- Frawley, William, *Vygotsky y la ciencia cognitiva*, Paidós, España, p. 368
- Fuller, H. Q., R. M. Fuller, R. G. Fuller, (1978), *Physics including human applications*, Hrper& Row Publishers, Estados Unidos, p. 781.
- Functional magnetic resonance imaging, (25 de octubre de 2007), "Functional magnetic resonance imaging", [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en: <http://en.wikipedia.org/wiki/FMRI>, [consultada el 4 de noviembre de 2007].
- Gadotti Moacir, et al., (2003), *Perspectivas actuales de la educación*, S. XXI, México, p. 408.
- García y Caballero, Laura, (1988), David P. Ausubel, Documento III de la Facultad de Psicología de la UNAM con base en: García y Caballero Laura, (1988), David P. Ausubel, *Teoría psicológica de la instrucción*, Departamento de psicología educativa, Facultad de Psicología, UNAM, México, p. 17.
- García Fernando, Manuel, (1989), *Socioestadística. Introducción a la estadística en sociología*, Alianza, España, pp. 33-44, 132-154.
- Gardner, Howard, (2005), *Arte, mente y cerebro. Una aproximación cognitiva a la creatividad*, Col. Surcos, núm. 12, Paidós, España, p. 465.
- Gardner Howard, (1995), *Inteligencias múltiples, La teoría en la práctica*, Paidós, Barcelona, p. 313
- Gardner, Howard, (2006), *Mentes flexibles. El arte y la ciencia de saber cambiar nuestra opinión y la de los demás*, Paidós, México, p. 261.
- Genesca, Joan, María Cristina Piña, Santa Ponce, Mirsa Romero (2007), Diplomado Técnicas Modernas de Análisis del Organismo Humano, Biocriss – IIM, UNAM, México, D. F.
- Gestion mentale, (19 de febrero de 2006), "Gestion mentale" [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion\\_mentale](http://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_mentale), [consultada el 5 de marzo de 2006].
- Gestione mentale (20 de abril de 2007), "Gestion mentale", [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en [http://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion\\_mentale](http://fr.wikipedia.org/wiki/Gestion_mentale), [consultada el 15 de mayo de 2007].

- Good Jr, R. H., y T. J. Nelson, (1971), *Classical Theory of Electric and Magnetic Fields*, Academia Press Inc., Estados Unidos, p. 637.
- Guerrero Castro, Francisco, (© 1997), “Inteligencias múltiples”, [Online], Monografias.com, sin país. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos12/intmult/intmult.shtml>, [consultada el 20 de agosto de 2008].
- Heller, Eva, (2009), *Psicología del color. Cómo actúan los colores sobre los sentimientos y la razón*, 11ª reimpresión, Gustavo Gili, Barcelona, España, p. 309.
- Historia de la Educación a Distancia, (s/f), “La historia del sistema Distance Learning”, [Online], Open Universities. Management Center. Especialista en Educación a Distancia, Estados Unidos. Disponible en: <http://www.open-universities.com/dl/historia.asp>, [consultada en enero de 2004].
- Hobbie, R. K., (1978), *Intermediate Physics for Medicine and Biology*, John Wiley & Sons Inc., Nueva York, Estados Unidos, p. 274.
- Jean Piaget, , (7 de abril de 2010), “Jean Piaget”, [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Jean\\_Piaget](http://es.wikipedia.org/wiki/Jean_Piaget), [consultada el 26 de abril de 2010].
- Knoblauch, Kenneth y Steven K. Shevell, (2004), “Color Appaearance”, en *The Visual Neurosciences*, vol. 2, Leo M. Chalupa y John S. Werner, editores, MIT, Estados Unidos, p.1694 (pp. 892-907).
- Küppers, Harald (DR 2001), “Teoría del color”, (traducción de Alfonso Claros Uzqueda), [Online], IPSI, Alemania. Disponible en: <http://www.darmstadt.gmd.de/Kueppersfarbe/spanisch/index.html>, [consultado el 15 de junio de 2004]. El sitio se ha mudado a Küppers Harald (DR 2003-2004), “Teoría del color”, (traducción de Alfonso Claros Uzqueda), [Online], IPSI, Alemania. Disponible en: <http://www.ipsi.fraunhofer.de/Kuppersfarbe/es/impressum.html>, [consultado el 5 de febrero de 2005]. La última dirección electrónica es Küppers Harald (DR s/f), “Kueppers Teoría del color”, (traducción de Alfonso Claros Uzqueda), [Online], IPSI Alemania. Disponible en: <http://kuepperscolor.farbaks.de/es/index.html>, [consultado el 27 de julio de 2016].
- La gestion mentale, (s/f), “La gestion mentale”, [Online], Canadá. Disponible en: [http://www.csdm.qc.ca/SJde-laLande/nosfondements/gestion\\_mentale.htm](http://www.csdm.qc.ca/SJde-laLande/nosfondements/gestion_mentale.htm), [consultada el 22 de marzo de 2006].
- Lapalma, Fernando Horacio, (25 de mayo de 2002), “¿Qué es eso que llamamos inteligencia? La teoría de las inteligencias múltiples y la educación”, [Online], Revista Electrónica de Psicología Científica.com, Argentina (Iberoamérica), ISSN:2011-2521. Disponible en: <http://www.psicologiacientifica.com/bv/psicologia-87-1-que-es-eso-que-llamamos-inteligencia-la-teoria-de-las-inteli.html>, [consultada el 24 de agosto de 2008].
- Le projet (s/f), “Le Project”, [Online], Canadá. Disponible en: <http://www.csdm.qc.ca/SJde-laLande/nosfondements/projet.htm>, [consultada el 27 de marzo de 2007].
- Linard, Monique, (1998), *La pantalla de la TIC, dispositivo de la interacción y del aprendizaje: la concepción de interfaces a la luz de las teorías de la acción*, (Traducción: Javier Ortiz), Université, Paris X Nanterre, p. 19.
- Luria Románovich, Alexander, (1995), *Las funciones corticales superiores del hombre*, Distribuciones Fontamara, 2da edición, México D. F., México, p. 691.
- Lya López, Olga, (2000), “Breve recuento histórico de la educación a distancia”, [Online], Boletín de la División de Administración, Computación e Ingenierías de la Universidad Virtual ITESM, México. Disponible en: [http://www.ruv.itesm.mx/portal/infouv/boletines/tintero/tintero\\_10/articulos/olga\\_lya.htm](http://www.ruv.itesm.mx/portal/infouv/boletines/tintero/tintero_10/articulos/olga_lya.htm), [consultada en noviembre de 2003].
- Maestú, C., et al, (1999), “Magnetoencefalografía: una nueva técnica de diagnóstico funcional en neurociencia”, en *Revista de neurología*, Vol. 28 (11), España, pp. 1007-1090.
- Magnetoencephalography, (8 de octubre de 2007), “Magnetoencephalography”, [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en <http://en.wikipedia.org/wiki/Magnetoencephalography>, [consultada el 4 de noviembre de 2007].

- Marion, J. B., W. F. Hornyak, (1985), *General Physics with Bioscience Essay*, John Wiley and Sons Inc., 2a edición, Nueva York, Estados Unidos, p. 592.
- Meyer, Philippe, *Loeil et le cerveau: Biophilosophie de la perception visuelle*, O. Jacob, Francia, 1997, p. 163.
- Mithen, Steven, (1996), *The Prehistory of the Mind. A search for the origins of art, religion and science*, Thames and Hudson, Londres, impreso en Eslovenia, p. 288.
- Moda (estadística), (28 de abril de 2008), "Moda (estadística), [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Moda\\_\(estad%C3%ADstica\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Moda_(estad%C3%ADstica)), [consultada el 5 de mayo de 2008].
- Moles, Abraham A., (1991), *La imagen. Comunicación visual*, Biblioteca Internacional de Comunicación, Sigma - Trillas, México, D. F., México, p. 271.
- Montoya Víctor, (Otoño 2001), "Lenguaje y pensamiento", [Online], *Sincronía*, ISSN 1562-384X, Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. Disponible en: <http://sincronia.cucsh.udg.mx/lengpens.htm>, [consultada el 1 de noviembre de 2008].
- MRI Funcional, (© 2004), "MRI Funcional. Fundamentos del fMRI", [Online], Miami Childer's Hospital. The Mary Ann Knight International Institute of Pediatrics, Estados Unidos. Disponible en: [http://www.mch.com/clinical\\_sp/radiology/fmri/principles.htm](http://www.mch.com/clinical_sp/radiology/fmri/principles.htm), [consultada el 3 de marzo de 2006].
- Mueller, Conrad G., Rudolph Mae, (1980), *Luz y visión*, Colección científica de Time-Life, Segunda edición, México, pp. 74-84, p. 200.
- Noyola Piña, Lorena, (2005), *Ciberpsicopedagogía gráfica. Elementos a considerar en el diseño de interfaces en educación a distancia en línea asíncrona para obtener un buen resultado gráfico-psicopedagógico a través de las hipermedia*, ICR de maestría, Teoría e historia críticas, Ciencias y Artes para el Diseño, UAM-X.
- Noyola Piña Lorena, (2014), *Diseño e imagen digital de interfaz*, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, México, p. 131.
- Ortiz, Javier, (31 de enero de 2006), Entrevista personal I, UAM-X, División Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Relaciones Sociales, área de investigación: educación, cultura y procesos sociales, México.
- Ortiz, Javier, (noviembre de 2008), Revisión de tesis, UAM-X, División Ciencias Sociales y Humanidades, Departamento de Relaciones Sociales, área de investigación: educación, cultura y procesos sociales, México.
- Pasantes, Herminia, (1997), *De neuronas, emociones y motivaciones*, FCE, México, p. 148.
- Pearce, J. M., (1997), *Robert Whytt and the stretch reflex*, [Online], J Neurol Neurosurg Psychiatry. May; 62(5): 484, Estados Unidos. Disponible en: <http://www.pubmedcentral.nih.gov/pagerender.fcgi?artid=486858&pageindex=1>, [consultada el 26 de noviembre de 2008].
- Piaget, Jean, (2005), *Adaptación vital y psicología de la inteligencia*, 11ª edición, Siglo XXI editores, México, p. 190
- Piaget, Jean, (1995), *Seis estudios de psicología*, Col. Labor, núm. 2, 4ª edición, Grupo Editor Quinto Centenario Colombia, Colombia, p. 199
- Piña Barba, María Cristina, (2000), *La Física en la Medicina II. Ojos nuevos para los mismos cuerpos*, Col. La Ciencia para todos, Núm. 171, Fondo de Cultura Económica, México, p. 185.
- Poirier, Jacques, (2004), *El sistema nervioso*, Col. Mosaicos, Siglo veintiuno editores S. A. de C. V., México, p. 104
- Pour en savoir plus sur La Gestion Mentale (26 de septiembre de 2006), "Pour en savoir plus sur La Gestion Mentale", [Online], Conseguir... eso se aprende. La federación de las Asociaciones. Iniciativa y Formación, Toulouse, Francia. Disponible en: <http://www.ifgm.org/oogestes.html>, [consultada el 15 de mayo 2007].
- Pozo, Juan Ignacio, (1993), *Teorías cognitivas de aprendizaje*, Facultad de psicología, Universidad Autónoma de Madrid, Ediciones Morata, S. L., 2da edición, España.
- Pozo, Juan Ignacio, (2003), *Adquisición de conocimiento*, Ediciones Morata, Madrid, p. 271.
- Psychologie cognitive, (16 de enero de 2006), "Psychologie cognitive" [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en: [http://fr.wikipedia.org/wiki/Psychologie\\_cognitive](http://fr.wikipedia.org/wiki/Psychologie_cognitive), [consultada el 5 de marzo de 2006].

- Riego Gaona, María Alejandra, (1986), "Actividades de Enseñanza 'La Computadora: Un Juguete Didáctico usado en la Enseñanza de la Computación'", [Online], Biblioteca DGSCA, UNAM, México. Disponible en: <http://www.bibliodgsc.unam.mx/tesis/tes15marg/te15marg.htm>, [consultada el 26 de abril de 2010].
- Rodríguez Gómez, Gregorio, Javier Gili Flores y Eduardo García Jiménez, (1999), *Metodología de la investigación cualitativa*, Ediciones Aljibe S. L., Col. Biblioteca de la educación, Málaga, pp. 185-196.
- Rosenblueth, Arturo, (2004), *Mente y cerebro seguido de El Método científico*, compilación de los dos libros impresa en enero de 2005, Siglo XXI editores, undécima edición de *Mente y cerebro*, México, pp. 3-154.
- Royo Javier, (2004), *Diseño Digital*, Paidós, Barcelona, p. 213
- Rudomín, Pablo, (noviembre-diciembre 1997), "Conceptos teóricos y desarrollos metodológicos en las neurociencias: una revisión histórica", [Online], *La Academia*, Hemeroteca Virtual ANUIES, México, Disponible en: [http://www.hemerodigital.unam.mx/ANUIES/ipn/academia/12/sec\\_4.htm](http://www.hemerodigital.unam.mx/ANUIES/ipn/academia/12/sec_4.htm), [consultada el 27 de febrero de 2006].
- Salas Silva, Raúl, (2003), "¿La educación necesita realmente de la neurociencia?", [Online], *Estud. Pedagóg.*, núm. 29, Universidad Austral de Chile, Facultad de Filosofía y Humanidades, p.155-171. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=So718-07052003000100011&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=So718-07052003000100011&lng=es&nrm=iso). ISSN 0718-0705, [consultada el 4 de junio de 2008].
- Salmelin, R., R. Hari, O. V. Lounasmaa y M. Sams, (31 de marzo de 1994), "Dynamics of brain activation during Picture naming", en *Nature*, vol. 368, grupo fundado en Gran Bretaña, p. 463-465.
- Santamaría, Sandra, (s/f). "Teorías de Piaget", [Online], Monografías.com, Caracas, Venezuela. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos16/teorias-piaget/teorias-piaget.shtml>, [consultada el 26 de abril de 2010].
- Teoría de las Inteligencias múltiples, (19 de agosto de 2008), "Teoría de las Inteligencias Múltiples", [Online], Wikipedia, Estados Unidos. Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa\\_de\\_las\\_inteligencias\\_m%C3%BAltiples](http://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_de_las_inteligencias_m%C3%BAltiples), [consultada el 24 de agosto de 2008].
- Unión Europea, (2009), *Final report. Monitoring foresight activities in Europe and the resto of the World*. Noviembre de 2009, European Foresight Monitoring Network, Research Policy, Directorate – General for Research Socio – economic Sciences and Humanities, European Commission, European Research Area, EUR24043 EN, ISBN 978-92-79-13119-6, Bélgica, p. 76
- Valdes, Fernando, (2006), "Comprensión y uso de la estadística", [Online], SUNY Cortland. Dept. of International Communications and Culture, Universidad Romulo Gallegos, Cortland, Estados Unidos. Disponible en: <http://www.cortland.edu/FLTEACH/STATS/stat-sp.html>, [consultada el 5 de mayo de 2008].
- Viana Castrillón, Laura, (1995), "VI. El cerebro y la mente", [Online], en *Memoria natural y artificial*, Col. La ciencia para todos, FCE, México. Biblioteca digital disponible en: [http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/088/html/sec\\_9.html](http://omega.ilce.edu.mx:3000/sites/ciencia/volumen2/ciencia3/088/html/sec_9.html), [consultada el 30 de octubre de 2007].
- Vygotski, Lev Semionovich, *Obras escogidas I*, Aprendizaje Visor, España,
- Vygotski Lev. Semionovich, (2000), *Obras escogidas III*, Aprendizaje Visor, Moscú, p. 383.
- Vygotski, Lev Semionovich, (1997), *Obras escogidas V*, Aprendizaje Visor, España, p. 390
- Ward, Jamie, (© 2006), "Introducing cognitive neuroscience", [Online], Cognitive Neuroscience arena, Psychology Press, Estados Unidos. Disponible en: <http://www.cognitiveneurosciencearena.com/whatis-cognitiveneuroscience.asp>, [consultada el 4 de noviembre de 2007 y el 30 de noviembre de 2008].
- Ward, Jaime, (2006), *The student's guide to cognitive neuroscience*, Psychology Press, Estado Unidos, p. 416.
- Zeki, Semir (2002), "La imagen visual en la mente y en el cerebro", en *Investigación y ciencia. Edición española de Scientific American*, 1er trimestre de 2002, núm. 27 El color, España, ISSN: 1135-5662, pp. 70-79.

---

---

## Glosario

*Banda ancha.*- Acceso a Internet de alta velocidad que va desde 64 kbps hasta 512 kbps, y permite la transferencia de contenidos hipermedia de mayor peso que el Internet por módem, el cual tiene un límite físico de 56 kbps.

*Bit.*-Es la unidad mínima de información manipulable por una computadora. La palabra *bit* es el resultado de la contracción de *Binary Digit* y tiene la posibilidad de dos valores, 1 o 0, verdadero o falso (lo que se conoce como valores boléanos).

*Bytes.*- Es la unidad conformada por 8 bits, cuyas combinaciones se traducen en caracteres en pantalla, por ejemplo. La combinación de bits en un byte es de 256.

*Campos biomagnéticos.*- campos magnéticos medibles que son producidos en el interior del cuerpo debido a los movimientos de partículas eléctricamente cargadas y flujos eléctricos naturales.

*Estados del botón.*- Los botones diseñados en *flash* tienen tres estados visuales y uno invisible. El primer estado es llamado en español “reposo” (*up*), es cuando el botón no está accionado. El segundo estado es llamado “sobre” (*over*), es cuando el cursor pasa sobre el botón, generalmente se indica con un cambio de color, animación o sonido. El tercer estado es llamado “presionado” (*down*), es cuando el botón está siendo presionado con un click del ratón. El estado invisible indica la zona activa, es decir, el área gráfica donde puede ser activado el botón.

*Evocación.*- Se refiere al concepto desarrollado por Antoine de La Garanderie, quien describe la capacidad de recuperar elementos de la estructura cognitiva que se aprendieron o se almacenaron por alguna experiencia específica, y que se encuentran en un estado latente en el cerebro, así son revividos o recordados cuando se evocan.

*Gestos mentales.*- Maneras en que los individuos evocamos los elementos de la estructura cognitiva.

*Giga bite.*- Es la unidad conformada por 1024 mega bites.

*Ícono gráfico.*- es el gráfico dentro de un plano de diseño. Puede funcionar como signo vygotkiano.

*Kilo bite.*- Es la unidad conformada por 1024 bytes.

*Mega bite.*- Es la unidad conformada por 1024 kilo bites.

*LMS.*- *Learning Management System*, en español Sistema de Manejo de Aprendizaje, en un ambiente preprogramado de educación.



---

*Perfiles de aprendizaje.*- Son las distintas formas de aprender que tiene cada individuo y que le caracteriza como sujeto.

*Pixel.*- (del inglés *picture element*, “elemento de la imagen”) es la menor unidad en la que se descompone una imagen digital, ya sea una fotografía, un fotograma de video o un gráfico (Píxel, 2005:píxel).

*Prácticas mentales.*- Maneras en que la mente trabaja los diferentes estímulos que se reflejan en aprendizaje.

*Signo vyotskiano.*- Es el estímulo medio artificial cuya función es la de interactuar con la estructura cognitiva del receptor para la creación del conocimiento. Puede ser un ícono gráfico, un audio, un video o cualquier producto multimedia.

*Técnica de medición biomagnética.*- Es la técnica con la que se mide el campo magnético producido por un cuerpo humano vivo.







*La imagen, el proceso cognitivo y el aprendizaje,*  
se terminó de imprimir en los talleres de Dicograf,  
Cuernavaca, Morelos, México  
Diciembre, 2016  
Facultad de Diseño  
Universidad Autónoma del Estado de Morelos





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL  
ESTADO DE MORELOS



9 786078 434824