

EL PAPEL DEL COLOR EN LOS ESPACIOS INMATERIALES: CASO EN UNA INTERFAZ HISTÓRICA

Claudia Susana López Cruz¹

Resumen

Este artículo es un reporte de investigación sobre los datos encontrados en el estudio llevado a cabo en un curso de historia a nivel preparatoria. En él se hace un análisis de los resultados obtenidos en un estudio, comparando los promedios de aprovechamiento de los estudiantes que emplearon tres diferentes propuestas de interfaces educativas, llevado a cabo en condiciones experimentales controladas. Se emplearon principios teóricos de teoría del color, aprendizaje significativo, percepción visual y visualización de la información para construir las interfaces educativas: la que usa el canon pseudo cromático, la que usa el canon cromático y el grupo de control. Los resultados obtenidos por el grupo que empleó la interfaz con el canon pseudo cromático estuvieron por debajo de los obtenidos por el grupo control. Y los promedios de los grupos anteriores estuvieron por debajo del grupo que uso el canon cromático. Los resultados indican que el uso inadecuado del color en las interfaces educativas puede obstruir el aprendizaje. Los educadores necesitan explorar y considerar el papel del color en la educación, particularmente en las interfaces educativas diseñadas con la intención de ayudar a los estudiantes a potenciar su desempeño en el salón de clases.

Palabras clave

Aprendizaje significativo, color, percepción visual, investigación experimental.

Abstract

This paper is a report on the findings of a color interface study conducted on a high school level history regular course. The discourse analyze the results obtained by comparing the average results of the students utilization in learning using three different color interfaces applications on a controlled experiment. Color theory, meaningful learning, visual perception and information visualization theories were used to design and develop the educational interfaces used in the experiment. A controlled experiment was designed to measure the average marks of the groups using the designed interfaces: the pseudo chromatic canon, the chromatic canon, and the control interface. The results obtained by the pseudo chromatic canon group were below the results obtained by the control group. Both groups average mark were below the canon chromatic group. Findings indicate that the misuse of color in the educative interfaces can obstruct the learning. Educators need to explore and consider the roll of color in education, especially in the use of educative interfaces designed to help the student's performance in the classroom.

Keywords

Meaningful learning, color, visual perception, experimental research

Introducción

Esta investigación es un primer acercamiento al tema del aprendizaje relacionado con el papel del color en las interfaces educativas, empleando para ello el caso de una interfaz educativa para nivel medio superior. El interés surge por la observación de los materiales electrónicos diseñados para ser empleados en las clases y que pretenden potenciar el desempeño de los estudiantes en el salón de clases. Estos materiales presentaban un uso no canónico del color y empleo indiscriminado del color para el desarrollo de los mismos.

La mayoría de las interfaces fueron diseñadas ignorando el uso del color como una herramienta para potenciar el aprendizaje. A través de la observación y el análisis de diversas interfaces educativas, encontradas en la World Wide Web y en una preparatoria particular, empleadas para enseñar el tema de historia; se hace obvio que el papel del color en el proceso de enseñanza-aprendizaje no se ha definido. Es posible que las interfaces educativas diseñadas de esta manera no ayuden a potenciar el aprendizaje significativo de los estudiantes expuestos a las mismas, y por lo tanto que no se potencie la conexión entre los subsunores en la estructura cognitiva de los estudiantes.

Desde la perspectiva de las Nuevas Tecnologías (NT), se propone abordar el papel de éstas en la educación, considerándolas como nuevas ya que continúan generando nuevos espacios educativos, y no por la novedad tecnológica intrínseca de las mismas; tal y como sostienen Marshall McLuhan y Bruce R. Powers (1992).

Perè y Aviram, sostienen que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se incorporan al aula que integra nuevos ámbitos educativos desde tres escenarios principales: El escenario tecnócrata, el reformista y el holístico (Pere, 2010; Aviram, 2002) considerando el holístico como el más indicado ya que incorpora de manera definitiva las TIC al quehacer del proceso de enseñanza – aprendizaje como parte integrante del mismo y no solo como un apoyo o recurso más. Este escenario sostiene que los centros de educativos deben llevar a cabo una profunda reestructuración de todos los elementos que los conforman, tal y como indica Joan Majó

La escuela y el sistema educativo no solamente tienen que enseñar las nuevas tecnologías, no sólo tienen que seguir enseñando materias a través de las nuevas tecnologías, sino que estas nuevas tecnologías aparte de producir unos cambios en la escuela producen un cambio en el entorno y,

como la escuela lo que pretende es preparar a la gente para este entorno, si éste cambia, la actividad de la escuela tiene que cambiar (2003: 1)

A lo que Julio Cabero añade

Entre las pocas cosas que vamos sabiendo sobre las TIC, está que la interacción que realizamos con ellas no sólo nos aporta información, sino también modifican y reestructuran nuestra estructura cognitiva por los diferentes sistemas simbólicos movilizados. Sus efectos no son sólo cuantitativos, de la ampliación de la oferta informativa, sino también cualitativos por el tratamiento y utilización que podemos hacer de ella. De cara a la educación nos sugiere que estas TIC se conviertan en unas herramientas significativas para la formación al potenciar habilidades cognitivas, y facilitar un acercamiento cognitivo entre actitudes y habilidades del sujeto, y la información presentada a través de diferentes códigos (2004:18).

Se entiende entonces, que la estructura cognitiva de los sujetos que emplean las TIC para su formación – con independencia del nivel educativo o sistema de enseñanza aprendizaje en el que se haga el análisis o la implantación de las nuevas tecnologías,–; se verá modificada ya que deberá desarrollar nuevas habilidades cognitivas para el manejo y la interpretación de la información así presentada. (Peirats, Sales y San Martín, 2009; Bustillo, 2002; San Martín y Alonso, 1995; Lázaro, 1997; Almeida y Lerela Nesón, 1991)

Dado lo anterior, es de vital importancia que se busquen y propongan estrategias inéditas que empaten la visión de las nuevas tecnologías y las nuevas características de los nativos digitales con los paradigmas pedagógicos. El modelo que corresponde a la modelo educativo cognitivo es el que parece empatar con mayor cercanía ya que considera las características de la estructura de los estudiantes. Este modelo tiene su origen en la psicología cognitiva. *“La interpretación cognitiva sostiene que, si queremos comprender el aprendizaje, no podemos limitarnos a la conducta observable, sino que debemos interesarnos por la capacidad mental del estudiante de reorganizar su campo psicológico (conceptos, memoria,...) en respuesta a la experiencia.* (Beltrán, 1987, citado en Mesonero, 1995: 23) Así pues, se puede decir que la psicología cognitiva parte de tres preceptos principales:

- Los procesos mentales, además de existir, se pueden estudiar de forma científica.
- El sujeto humano procesa activamente la información

- Las estructuras y los procesos mentales pueden ser estudiados tomando como base dos clases de conducta: el **tiempo** y el **desempeño** que son necesarios para llevar a cabo una tarea (Ashcraft, 1989; Mayor, 1980)

Como parte muy importante de la corriente cognitiva, surge el modelo educativo propuesto principalmente por Ausubel, pero que es una visión compartida por una gran cantidad de psicólogos educativos. Al explorar esta temática se encuentran autores variados, tales como Vicenta Bustillo Porro (2002), José Peirats, Cristina Sales y Ángel San Martín (2009), Ángel San Martín Alonso (1995) Luís Miguel Lázaro (1997) y Julio Almeida y Carlos Lerela Nesón (1991) entre otros; que hacen una revisión del cometido de las Tecnologías de la Información y la Comunicación y su papel en la transformación del quehacer educativo. Estos autores plantean en términos generales, la proyección del papel de las Nuevas Tecnologías en el ámbito educativo y hacia el dónde se dirigen en el futuro, asignando un papel preponderante al aprendizaje significativo como eje estructural de la relación entre las nuevas tecnologías y el proceso de enseñanza-aprendizaje. En cuanto al aprendizaje significativo, los autores proponen diversas posturas. Sin embargo la mayor parte coincide en que se debe reconocer el papel del cognitvismo y del aprendizaje significativo como el modelo educativo que debe prevalecer en la sociedad actual. (Santrock, 2006; Ellis, 2005; Ianfrancesco, 2005; Carrasco, 2004; González Ornelas, 2003; Gadotti, 2001; Wood, 2000; Henson y Eller; 2000; Ausubel, Novak y Hanesian, 1983) Así, Henson sostiene que *la aproximación constructivista pretende cambiar el énfasis de la enseñanza centrada en el maestro a la instrucción centrada en el estudiante* (2000:362) En este panorama, es de particular interés observar como evoluciona el ámbito educativo y se da mayor importancia al proceso de aprendizaje, principalmente desde la perspectiva de Ausubel (1983) Ausubel es el principal autor del aprendizaje significativo y lo entiende como la relación que se establece entre los conocimientos previos, existentes en la estructura cognitiva; con los nuevos conocimientos de manera que el nuevo conocimiento sea más estable y relativamente permanente (Santrock, 2006; Heller, 2005; Henson y Eller, 2000; Ausubel, Novak y Hanesian, 1983)

El modelo de aprendizaje de Ausubel, Novak y Hanesian (1983) indica que el sujeto va construyendo un sistema de conocimientos conocido como estructura cognitiva. Esta se va erigiendo poco a poco a partir del lenguaje y de la aprehensión de conocimientos del

entorno que se ligan con conceptos generalizadores – las palabras –; mismos que le permiten armar una estructura en la que puede establecer relaciones entre los conceptos. De igual manera para poder incorporar los conocimientos nuevos, buscará los llamados subsensores², de tal forma que estos queden ligados con los conocimientos nuevos, enriqueciendo su estructura de conocimientos.

Ausubel, Novak y Henessian (1983) también consideran el modelo de aprendizaje y lo relacionan con el modelo de módulos de almacenaje de Atkinson y Shiffrin. El modelo ajustado de Ausubel, Novak y Hanessian (1983) se muestra en la figura 01

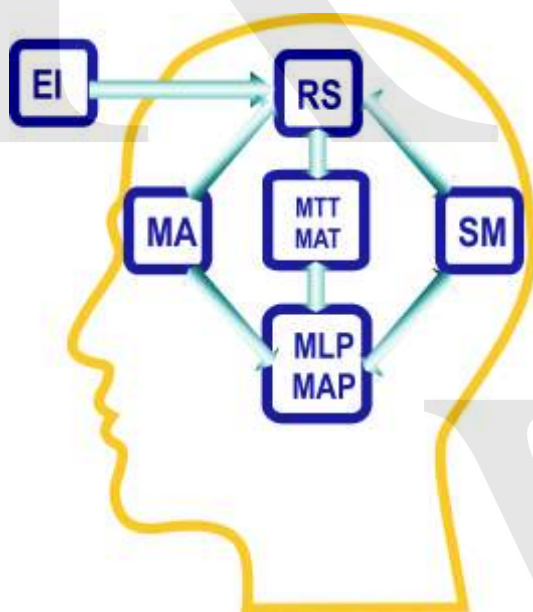


Figura 01. Modelo de Modelo de aprendizaje significativo (Ausubel, Novak y Hanessian, 1983; modificado por López, 2010)

En este modelo EI es la Entrada de Información, RS la Memoria Temporal o Registro sensorial, SA es el Sistema Afectivo, SM es el Sistema Motor, MTT Es la Memoria de Trabajo Temporal, y MLP es la memoria a largo plazo. Estos elementos funcionan coordinadamente de manera que cuando se da una entrada de información, todos los elementos funcionan casi simultáneamente. Se registra el estímulo en la memoria sensorial, y esta discrimina por medio de la atención, cuál pasará a la memoria de trabajo. Esta a su vez consulta con la memoria a largo plazo y con el sistema afectivo para discriminar cuáles estímulos serán almacenados en la memoria a largo plazo. Existen muchas entradas de información que una vez que han obtenido la respuesta motora, afectiva o conceptual; son

desechados y no almacenados en el sistema a largo plazo por no ser significativos para el sujeto que los recibe.

Como parte del estudio del aprendizaje, también se considera el modelo de memorias de Atkinson y Shiffrin (1972); Este propone que la memoria está conformada por tres tipos de módulos de almacenaje o procesamiento de los estímulos del entorno de acuerdo con la figura 02.

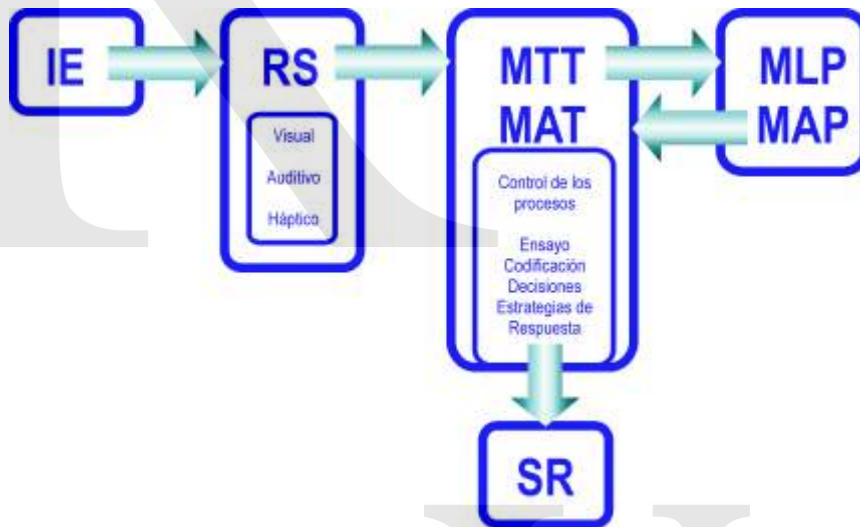


Figura 02. Modelo de Memoria en módulos de almacenaje (Atkinson y Shiffrin, 1972; modificado por López, 2010)

En este modelo, los módulos consideran, en primer lugar; la entrada del estímulo del entorno. Este es reconocido en el registro sensorial, también conocido como almacén sensorial o memoria sensorial. Este módulo registra las entradas en tres tipos de estímulo: visual, auditivo y háptico³. Una vez recibido y clasificado el estímulo, éste pasa a un módulo de almacenaje temporal, también llamado memoria a corto plazo, memoria temporal de trabajo, memoria temporal o memoria de almacenaje temporal. Este módulo controla los procesos realizando ensayos de respuesta y llevando a cabo las tareas de codificación, decodificación, toma de decisiones y estructurando las estrategias de respuesta para finalmente alimentar a la respuesta que se envía al entorno. Para realizar estas funciones ha de establecer un contacto con el módulo de almacenaje a largo plazo, y también conocido como memoria a largo plazo; con el cual deberá consultar buscando

experiencias previas y alimentando la memoria cuando estas experiencias no existen, pero son lo suficientemente importantes para quedar registradas en la memoria a largo plazo.

Considerando ambos modelos se propone una visión integrada, considerando algunos elementos de la psicología cognitiva, quedando el modelo de aprendizaje como se muestra en la figura 03.

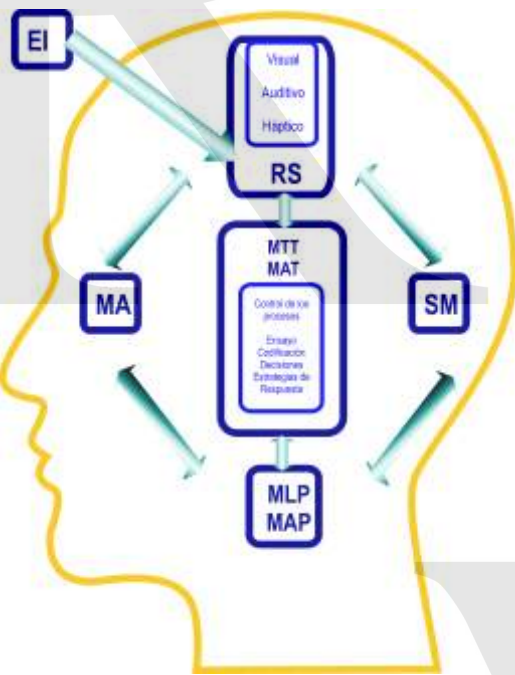


Figura 03. Modelo de Memorias y Aprendizaje significativo integrado (López, 2010)

La percepción es la encargada de llevar a cabo el registro de los estímulos del entorno y es desde la perspectiva de Brunner (1947) que se aborda, ya que éste la considera como el proceso de incorporación de dichos estímulos a la conducta para poder responder de acuerdo con patrones establecidos y que delimita en ellos las variables cognitivas y las variables motivacionales en la percepción, complementándola con la perspectiva de autores como Goldstein (2005 y Heller (2005) que clasifican la percepción como un proceso en el que debe atenderse un estímulo para poder ser incorporado en el proceso cognitivo del individuo y las modernas interpretaciones de neurofisiólogos, neuropsicólogos cognitivos, psicólogos, médicos y científicos cognitivos como Fischbach, Searle y Kandel (2009); Kanwisher y Sinha, (2009); Brown (2009); Pelphrey y Fischbach (2010); Warren, Kuhl y Zoghbi (2010); Squire, Small y Hardy (2010) entre otros, que sostienen que la percepción es un proceso mucho más complejo que la simple

recepción de estímulos a través de los órganos del cuerpo humano y que en los últimos cinco años la comprensión del funcionamiento del cerebro humano y de su relación con los procesos perceptivos se ha catapultado a nuevas dimensiones. Sin embargo existe acuerdo en que el proceso de la percepción se explica a través de una secuencia de pasos que van desde el ambiente y los estímulos que este produce, hasta la acción relacionada con el estímulo y el conocimiento que éste produce de acuerdo con la figura 04

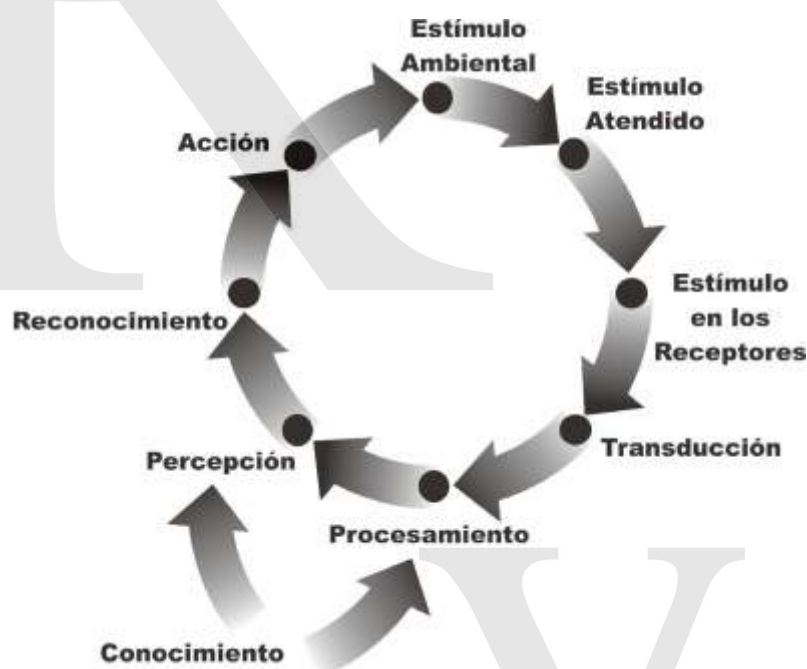


Figura 04. Proceso de la percepción de acuerdo con Goldstein (2005; modificado por López, 2008)

Mismo que está compuesto de diversos elementos. El estímulo ambiental, se conforma de todos los elementos que rodean al individuo en el medio ambiente y que son potencialmente perceptibles. El estímulo atendido se da cuando la cantidad de información que se presenta en el entorno es demasiada para que un sujeto la procese toda simultáneamente, se concentrará la atención en un estímulo que le llame la atención en particular. El estímulo en los receptores es el órgano que se encarga de procesar los estímulos del medio ambiente; en el caso de la vista son los encargados de recibir los estímulos producidos por la luz, como una imagen reflejo en los receptores de la retina una red de receptores sensibles a la luz y otras neuronas que cubren la pared posterior de los ojos del individuo. La transducción es la transformación de la energía del estímulo, en el

caso de la vista la energía lumínica en energía eléctrica para que pueda ser enviada por el sistema nervioso. Procesamiento neuronal, que implica que el estímulo se convierte en energía eléctrica, esta viaja por el sistema nervioso hacia el cerebro, y dentro del mismo. Percepción, es cuando la experiencia sensorial se hace consciente, se da cuando las señales eléctricas que representan la imagen llegan al cerebro y se convierten en la experiencia del ver al objeto/sujeto que inició el estímulo. Reconocimiento, es la capacidad de categorizar los objetos que se perciben, implica que el individuo puede identificar las partes del objeto y los reconoce como integrante de un conjunto o subconjunto de los conocimientos que tiene acumulados. Acción, implica la respuesta en forma de actividad motora. Es la capacidad de responder ante el medio ambiente como consecuencia de los estímulos percibidos. Conocimiento, que se considera el momento que se hace el reconocimiento, se está recurriendo a los conocimientos existentes en la estructura cognoscitiva. Al hacerse las comparaciones de los nuevos conocimientos con los anteriores y la posterior incorporación, se lleva a cabo el proceso del aprendizaje. (Goldstein, 2005; Bedolla, 2002)

Si se consideran los modelos anteriores y se les agregan los elementos aportados por la figura 04 se obtiene el modelo que se muestra en la figura 05

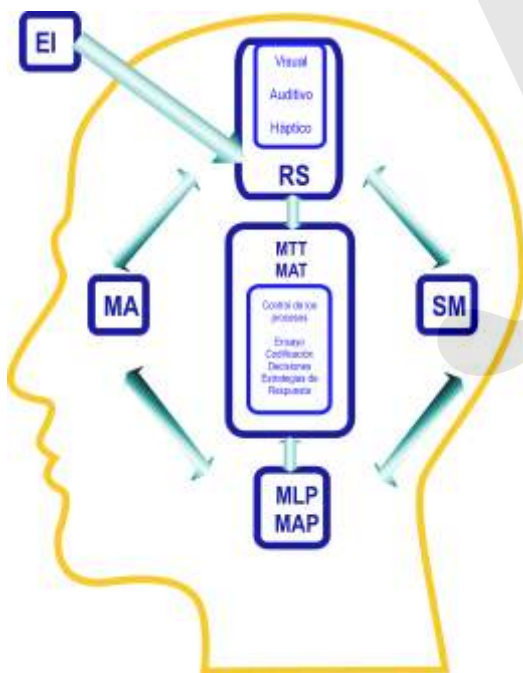


Figura 05

Con la incorporación de los elementos de las tres perspectivas se encuentra que la presente investigación está centrada en el proceso que parte del estímulo del medio ambiente, educativo en este caso; para abarcar hasta el proceso que implica el estímulo de los receptores, justo antes de la transducción y que se mide a partir de la respuesta que regresa el individuo al entorno, como resultado del proceso cognitivo integral.

Para poder conocer más a fondo el proceso de percepción que interesa al proyecto, se aborda el tema de la percepción visual, tanto del punto de vista de la psicología cognitiva, como de la neurofisiología; de forma que el proceso sea comprendido a mayor profundidad, y sea posible enlazarlo con el modelo de memorias de Atkins y Shiffrin (1972), el modelo de aprendizaje de Ausubel (1982) y el modelo de percepción de Goldstein (2005).

Así se aborda el proceso de la percepción desde su perspectiva visual, en la que la estructura del ojo es el principal actor, ya que determina la correcta interpretación de los estímulos visuales, entre ellos la percepción del color. El modelo integrado de las tres perspectivas permite ver que la percepción genera una experiencia con relación al entorno y le permite al sujeto actuar en él y son los sentidos los que relacionan al sujeto con el medio ambiente.

La principal relación del individuo con el entorno para poder interpretar la percepción, está dada por el cerebro. Es en éste en el que se llevan a cabo todos los procesos perceptuales como interpretación de estímulos físicos que afectan al individuo. Este órgano ha evolucionado a partir de un cerebro que en su origen fue exclusivamente concebido para la supervivencia y que permitía que el instinto tomara el mando. (Goldstein, 2005; Ellis, 2005; Bedolla, 2002)

El cerebro humano está conformado por capas sucesivas que evolucionaron en diferentes épocas y con diferentes objetivos. Por cada nueva capa o zona que crecía, ante una nueva necesidad biológica o social, la capa anterior no era desechada. Se construía sobre la anterior, de manera que se conservó la distribución de ciertas funciones en cada una de las capas, ya que la más nueva no sustituía las antiguas funciones; añadía otras nuevas y distintas. Las primeras partes del cerebro humano siguen operando en la actualidad en concordancia con un conjunto de programas que se relacionan con el instinto, mismo que

procede de los reptiles que dan origen – por medio de la evolución – a los mamíferos. Esta parte primitiva del cerebro se ha denominado “cerebro reptil o reptiliano” y es el responsable de los instintos más básicos: los de supervivencia, el deseo sexual, la búsqueda de alimentos, y las respuestas a los factores externos con acciones de tipo “pelear – o huir”. En los reptiles estas respuestas son automáticas y están preprogramadas. La corteza cerebral que le permite interpretar y evaluar tipos de respuesta está absolutamente ausente. A partir de investigaciones, se ha demostrado que una gran parte del comportamiento de los individuos se genera en este cerebro que se comparte con todos los animales. Este cerebro, que tiene su origen hace más de 200 millones de años; controla gran parte del comportamiento de los individuos en la vida cotidiana actual. (Zapata, 2009)

La siguiente capa del cerebro es el llamado sistema límbico, también denominado como cerebro medio. Es la sección del cerebro que se localiza inmediatamente debajo de la corteza cerebral, y que está conformada por centros importantes como el tálamo, hipotálamo, hipocampo y amígdala. Estos centros también son comunes con los otros mamíferos, y es el responsable de respuestas emocionales como temor o agresión. En los seres humanos son los centros de las emociones. Es aquí en donde se procesan las emociones y los temores, angustias, miedos, alegrías intensas. El centro principal de procesamiento de las emociones es la amígdala. Sujetos que han sufrido lesiones en la amígdala son incapaces de reconocer emociones en las expresiones del rostro de una persona frente a ellos. Este sistema interactúa constantemente con la corteza cerebral. La transmisión de señales de alta velocidad permite que el sistema límbico y el neocórtex trabajen juntos con lo que se explica que exista el control más racional sobre las emociones. (Zapata, 2009)

Aproximadamente hace cien millones de años, las condiciones evolutivas – entorno y necesidades de supervivencia de la especie –; dieron como resultado la aparición de los primeros mamíferos superiores. Adicionalmente al bulbo raquídeo – cerebro reptiliano –; y al sistema límbico; se desarrolla el neocórtex – el cerebro racional –; llamado corteza cerebral. Se añade de esta forma la capacidad de pensar de forma abstracta, y la

comprensión de relaciones globales entre factores, así como al desarrollo de una compleja y consciente vida emocional. (Zapata, 2009; Echenique, 2002)

Esta es la más nueva y la más importante zona del cerebro humano. Cubre y engloba las zonas más viejas y primitivas. Las zonas primitivas siguen activas, pero sin tener el control sobre el cuerpo o la mente consciente del individuo. Es el área más exterior y las más distintivamente humana. Las actividades relacionadas con pensar, planificar, el lenguaje, imaginación, creatividad y capacidad de abstracción; están localizadas en esta región. Hace al individuo capaz de solucionar problemas de matemáticas, aprender otra lengua y desarrollar teorías y abstracciones. Las emociones humanas también tienen una relación con la corteza cerebral, más allá del sistema límbico. Amor, venganza, altruismo, intrigas, arte, moral, etc. van mucho más lejos que el modelo de emociones del sistema límbico, mucho más rudimentario. Dentro del cortex se encuentran dos zonas: lóbulos pre frontales y frontales que tienen importantes funciones. La primera es moderar nuestras reacciones emocionales, frente a lo que dicta el sistema límbico. La segunda es desarrollar planes de acción concretos frente a situaciones emocionales. (Zapata, 2009; Echenique, 2002)

Es en este cortex que se ubica parte del sistema de percepción visual. En la parte de la corteza posterior se encuentra ubicado el sistema visual que interpreta los estímulos visuales recibidos por el entorno. Los principales estímulos percibidos por los humanos son visuales. El ojo humano se compone de terminaciones nerviosas, al interior del mismo, que son extensiones del cerebro hacia el exterior. Estas son llamadas conos y bastones, que por sus características foto receptoras hacen posible la visión del color. Los conos hacen posible la percepción del color en condiciones diurnas, mientras que los bastones lo hacen en la visión nocturna, que es acromática. (Zapata, 2009; Echenique, 2002)

Cuando el ojo humano recibe un estímulo, lo hace en forma de energía luminosa. En realidad no ve imágenes. Lo que recibe es un estímulo de luz que le permite registrar las amplitudes y frecuencias del estímulo, para ser enviado a través del nervio óptico, pasando por el núcleo geniculado lateral, hasta el cerebro y allí ser interpretado como imagen. Esta percepción y posterior interpretación por el ojo humano conforman el Sistema Visual. El

sistema visual está conformado por tres estructuras principales: el ojo, situado al frente del rostro, en las órbitas oculares del cráneo; el núcleo geniculado lateral, ubicado en el tálamo cerebral y el área receptora visual, también llamada corteza estriada; que se encuentra en la parte posterior del cerebro. El ojo es uno de los órganos que tienen un papel particularmente importante ya que proporciona información sobre las condiciones que rodea al ser humano en su entorno. Esta información es transmitida al ojo a través de los elementos que lo conforman. El Núcleo Geniculado Lateral (NGL) *en el tálamo es el primer lugar al que llega la mayor parte de las señales del nervio óptico después de que dejan el ojo.* (Goldstein, 2005: 94) Tiene como función organizar y regular la información que se recibe en la retina y que es transmitida como información a través del nervio óptico hacia el área receptora de la corteza. (Goldstein, 2005, Ortiz, 2004)

El área receptora de la corteza es la zona principal del cerebro en la que se recibe e interpreta la información proporcionada por la retina. También es llamada corteza estriada por las franjas blancas que se presentan creadas por las fibras nerviosas que la atraviesa. Adicionalmente, en el resto de la corteza existen áreas de procesamiento superior de la visión, son llamadas corteza extra estriada y se encuentran ubicadas en los lóbulos parietal, frontal y temporal. (Goldstein, 2005, Ortiz, 2004)

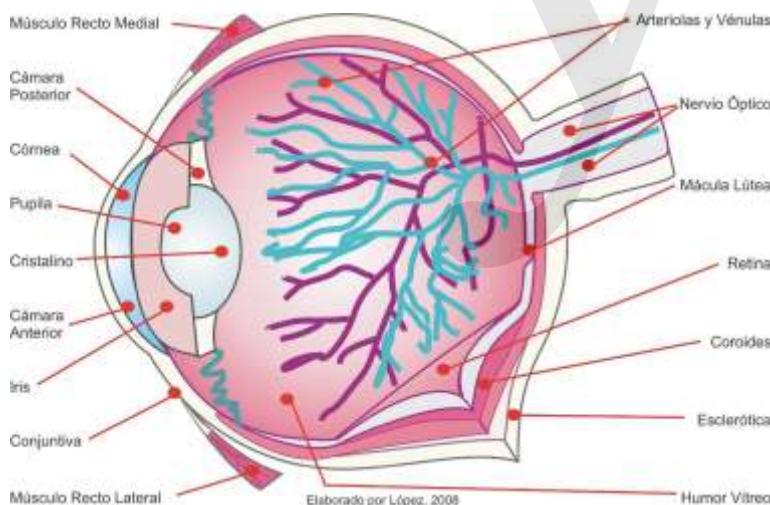


Fig. 06. El ojo humano y sus componentes (López, 2008)

Para poder abordar el proceso de visión, es importante describir los receptores de los estímulos producidos en la retina por las imágenes que han llegado. El ojo humano tiene dos tipos de receptores con características diferentes: los conos y los bastones. Cada uno de ellos tiene diferentes propiedades que afectan la percepción del contexto. Adicionalmente tienen una distribución diferente a lo largo de la pared de la retina. Dentro de la retina existen aproximadamente 125 millones de foto receptores en los tipos. La retina se encuentra conformada por cinco clases principales de células y las conexiones entre ellas. Las exteriores tienen sustancias químicas que son sensibles a la luz y que activan señales de respuesta a los estímulos luminosos. (Goldstein, 2005; Santos, 2003)

Estos conos y bastones están asociados a células transductoras que les permiten convertir los estímulos de energía luminosa en estímulos eléctricos que viajan a través del nervio óptico y son distribuidos por el núcleo geniculado lateral para llegar finalmente a la corteza cerebral. Sin embargo para que los estímulos sean percibidos e interpretados, el sujeto debe prestar su atención al estímulos específico, de otra forma éste se pierde entre todos los demás estímulos el ambiente. La atención visual es una parte indispensable para que el proceso de la percepción visual se dé. Los estímulos que son atendidos se fortalecen y se procesa de una manera más completa en el cerebro, contrario a los estímulos que son desatendidos, que se ven debilitados y finalmente no serán procesados, ya que son ignorados. Cuando la atención se concentra en un estímulo, el sujeto se vuelve más consciente de lo que está viendo y menos de los otros objetos que no le interesan en el momento. Por lo tanto uno de los primeros factores para que ocurra la percepción visual será la atención al estímulo educativo proporcionado por la interfaz diseñada. (Goldstein, 2005, Ortiz, 2004)

Como parte de esta atención y discriminación de los estímulos del entorno, se desarrolla la visión cromática. Ésta se ha ido desarrollando como una adaptación al entorno y como una posibilidad de potenciar las posibilidades de supervivencia de las especies. Es posible, de acuerdo con ejemplos de plasticidad neuronal⁴, que la visión de los animales se modifique durante su vida, conforme este habita en un entorno. La visión del color, en este caso; proporciona alguna evidencia de evolución, ya que el tipo de pigmentos visuales en los

receptores determinan la longitud de onda a los que son más sensibles ciertas especies o ciertos animales. La visión tricromática parece haber evolucionado en monos y humanos para permitirles distinguir frutos rojos y amarillos entre un follaje verde, que con una visión acromática en blanco y negro, no son distinguibles y requieren de otro sentido para ser identificadas. Esta idea puede ser demostrada a través de otras especies, como las aves y los insectos. Las flores, que proporcionan el alimento para ambos casos, tienen índices muy altos de reflectancia⁵, de longitudes de entre 360 y 520 nmm y, en el caso de las flores rojas y amarillas; también luz de longitud de onda. Cuando es estudiado el sistema visual de las aves y los insectos es posible verificar que tienen un sistema tetracromático, con cuatro pigmentos visuales. Uno de ellos proporciona una alta sensibilidad en el rango de los ultravioleta de longitud de onda corta. Estas sensibilidades, UV y tres pigmentos, les permiten distinguir fácilmente las flores unas de otras, lo cual les proporciona una mayor probabilidad de supervivencia en el entorno ya que reciben una mayor cantidad de información. (Bedolla, 2006; Goldstein, 2005, Ortiz, 2004)

Adicionalmente se pueden encontrar ejemplos de adaptaciones evolutivas en el diseño de los ojos de los animales. Por ejemplo, siendo la fovea la zona de mayor agudeza visual en el ojo, el águila y el halcón presentan ejemplos de foveas con una densidad de conos que triplica la que existe en los humanos, lo que les proporciona una agudeza visual tres veces superior; permitiéndoles encontrar una presa desde grandes alturas. Por el contrario, la tortuga de ojos rojos, no presenta una fovea con mayor distribución de conos que el ojo humano, pero presenta una distribución horizontal de un área de alta densidad de receptores, llamada **área centralis**, misma que tiene una adecuada para la visión en un entorno en el que la información proporcionada se suministra a partir del horizonte. Los depredadores, el alimento, etc. suelen presentarse a partir del horizonte, donde su visión es más aguda, lo que le permite recibir e interpretar los estímulos del entorno con mayor velocidad y asegurar, nuevamente; la supervivencia. Un último ejemplo de adaptación de la visión al entorno, es la posición de los ojos de los animales. Los conejos, pájaros, lagartijas y roedores, tienen los ojos a los lados de la cabeza, lo que le proporciona información panorámica del entorno, esencial para la detección de los depredadores, que en algunos casos se da con la independencia de los movimientos oculares, como en el caso de algunos

pájaros y reptiles. En el caso de los humanos, los gatos y otros mamíferos, los ojos se encuentran al frente de la cabeza, con campos de visión traslapados, los que genera una gran profundidad de campo de visión, lo que le permite identificar las información del entorno desde distancias mucho más seguras y con mayor precisión. (Bedolla, 2006; Goldstein, 2005, Ortiz, 2004)

En todos los ejemplos es claro que los ojos de los animales, entre ellos los humanos; tienen en común los pigmentos sensibles a la luz y un dispositivo que les permite enfocar la luz. Sin embargo, la evolución les ha proporcionado variaciones que les permiten interactuar con el entorno, de manera que los pigmentos en los ojos de los animales corresponden con sus necesidades específicas. (Goldstein, 2005; Fernald, 2000)

Como parte de los procesos perceptivos uno de los factores que se han considerado por la cantidad de información en juicios absolutos en diferentes dimensiones de estimulación es el color. En la dimensión cromática de los estímulos, se observa una capacidad de 36 bits de información y un número aproximado de 12 estímulos que fueron discriminados, superando con mucho a los demás estímulos perceptuales. (Covarrubias, 2008) Dado lo anterior, se considera al color como uno de los factores que pueden provocar la atención de los estímulos visuales de manera que éstos sean atendidos y por lo tanto pasen a las memorias, sensorial y de trabajo; para ser interpretados. Por ello, es indispensable evaluar el color, conocer los diferentes aspectos que conforman el campo cromático.

Existen teorías que consideran al color, abordándolo desde diferentes perspectivas. Mucho se ha escrito acerca de su papel dentro del proceso del diseño y de la importancia que tiene el conocer las características teóricas de su manejo y aplicación (Caivano, 2007, 2006, 2004, 2003; Wong, 2005; Fraser y Banks, 2004; Artegas, 2002; Pérez, 2000; Caivano, Ávila y Doria; 1998; Coock y Fleury, 1989, Guerristen, 1975) e inclusive su rol dentro de las nuevas tecnologías.

Desde la perspectiva teórica, se conoce que el color tiene longitudes de onda perceptibles para el ojo humano que van desde los 400 nm a los 700 nm. y que componen el espectro de los colores visibles. Figura 07.

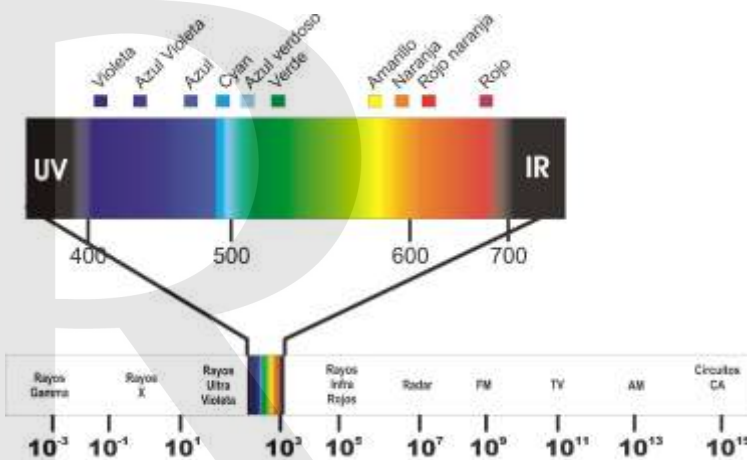


Fig. 07. Frecuencias de colores perceptibles para el ojo humano (López, 2008)

Existen también perspectivas teóricas que han propuesto sistemas de clasificación del color, para relacionar sus dimensiones y variaciones; intentando proponer modelos geométricos, primero bidimensionales y más tarde tridimensionales; que permitan explicar la relación entre sus valores de tono, saturación y brillo. Estos modelos van desde el siglo XVII con Athanasius Kirchner, hasta el moderno cubo de los colores de Hichethier o el árbol de colores de Munsell, como se muestra en la figura 08

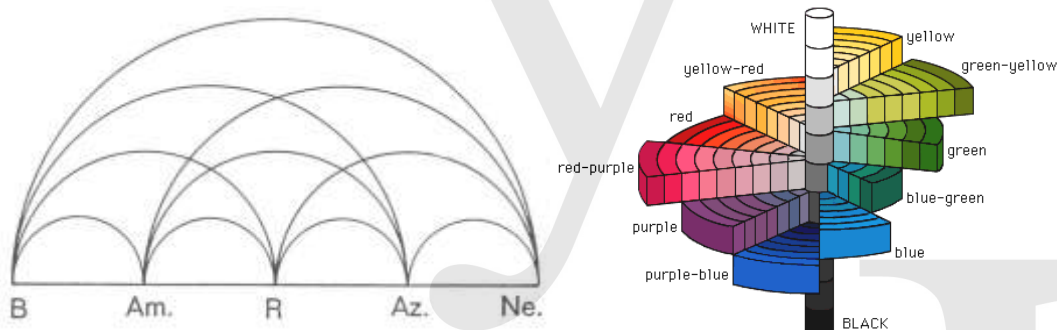


Figura 08 Sistema de color de Athanasius Kirchner y árbol de color de Munsell (Calvo, 2010; Hicketier, 1985)

Existen otras visiones que evalúan al color desde su perspectiva de aplicación y manejo técnico para la producción (Solórzano, 2005; Pring, 2000) Esta considera que el color debe ser estandarizado y da como resultado una serie de sistemas de homologación de patrones

de medición del color. Los sistemas Pantone para la impresión, sistema LAB, Estándar ISO 12647 para estandarización de pruebas de impresión y tolerancias de variación; así como los más conocidos CMYK, RGB, HSB, Hexadecimal, entre otros. (Instituto Tecnológico de Óptica, Color e Imagen, 2010; Muller y Brockman, 2005; Küppers, 2005)

Otro enfoque es el psicológico, en el que se tratan los efectos perceptuales sobre los sentimientos o la razón (Heller, 2004; Ortiz, 2004). En este apartado se han llevado a cabo estudios por separado en Alemania y en México. Los estudios realizados en Alemania se llevaron a cabo a lo largo de un periodo de un año, en edades comprendidas entre los 14 y los 97 años. (Heller, 2004) El estudio realizado en México se llevó a cabo con estudiantes de la Universidad Nacional Autónoma de México, en un periodo de trece años, y edades comprendidas entre los 18 y los 25 años. (Ortiz, 2004) Ambos estudios coinciden en la interpretación psicológica de los colores. Esto no es una sorpresa ya que ambas muestras coinciden en el bagaje cultural occidental.

Adicionalmente a lo anterior, se han desarrollado investigaciones en neurofisiología que consideran al color como no solamente como una situación del entorno perceptible sino como estímulo que se da en la mente humana y que la experiencia es determinante para la interpretación del color más que su percepción (Pelphrey, Fischbach, y Kandel, 2009) Existen algunas primeras aproximaciones al papel que el color tiene dentro del ámbito del aprendizaje, sin embargo éstas son meras aproximaciones de grano grueso que llevan a cabo una revisión de la influencia del color en los entornos visto desde las aplicaciones del interiorismo y de la arquitectura ambiental (Heppell, Chapman, Millwood, Constable, Furness, et al 2004)

También existen estudios del color y su relación con la semiótica cognitiva y sus aplicaciones en la publicidad y la comunicación visual. José Luis Caivano⁶ (2008, 2006, 2004, 2000, 1994, 1993, 1992) ha trabajado dicha vertiente por más de 15 años y sostiene que el color, analizado desde sus aplicaciones semióticas; puede manejarse desde los tropos cromáticos o figuras retóricas cromáticas. El color tiene un referente o grado percibido en el entorno, mismo que se almacena en la estructura cognitiva. Cuando el color es aplicado

congruentemente con lo que es el referente o grado concebido en la estructura cognitiva no existe una figura retórica cromática. En cambio [...] *cuando el grado percibido es incongruente respecto del grado concebido, el enunciado es alotópico (tiene diversidad de sentidos), hay figuras retóricas en su construcción* (Caivano, 2004: 266)

Por último, una vertiente que ha ido creciendo paulatinamente es la de la visualización del color. La visualización de la información como acción humana se ha desarrollado desde que el ser humano ha intentado representar y visualizar el mundo que le rodea. Existen mapas que datan del año 6,200AC y que pudieran ser las representaciones de información más antiguas que se tenga informes; sin embargo como concepto ha venido desarrollándose desde la finales del siglo pasado y hasta nuestros días, como un nuevo enfoque que permite que los individuos perciban la información, más que verla o interpretarla, y que de esta manera puedan tomar decisiones rápidamente basados en esta introyección de la información de manera rápida y eficaz (Tufte, 1997, 1990) En esta Edward Tufte⁷ (1995) propone cuatro funciones principales para el color:

- Etiquetar, como pronombre
- Medir, como cantidad
- Representar o imitar la realidad, como representación
- Destacar, como decoración o acento

En estas cuatro funciones el color es empleado para promover la visualización, más allá de las relaciones específicas asignadas por la psicología y, aunque dependen hasta cierto grado de la cultura en la que se emplea; gran parte de las funciones están dadas por las características perceptuales del color y su relación con la neurofisiología de la percepción más que con las relaciones culturales que establece el individuo con el color.

Es importantes señalar que se han llevado a cabo numerosos estudios relacionando al color con la cognición, como proceso que permite reconocer la incorporación de conceptos a la estructura cognitiva del sujeto y reflejado en un sistema de lenguaje que da cuenta de lo incorporado; mismos que van desde lo 40's y 50's, pero que han tenido mayor auge de 1985 a la fecha; con un increíble acento en los últimos cinco años. (Fischbach, Searle y Kandel, 2009; Kanwisher y Sinha, 2009; Brown, 2009; Pelphrey y Fischbach, 2010; Warren, Kuhl y Zoghbi, 2010; Squire, Small y Hardy, 2010) A partir de los conocimientos antes señalados es que se construye el estudio que se describe a continuación

La Investigación Experimental

Esta investigación experimental pretende hacer una primera demostración de que el color tiene un papel en el aprendizaje, particularmente a través de las interfaces educativas. Para ello se emplea una interfaz que aborda el tema histórico. Este tema fue empleado ya que promueve la construcción de la conciencia y el reconocimiento de la pertenencia a una sociedad con un bagaje cultural similar; particularmente durante los años de la adolescencia tardía. Estos periodos corresponden con la educación media superior. Es en estos momentos cuando la personalidad definitiva es construida y su sistema de valores es (Marina, 2007; Moraleda, 1999) Como una primera aproximación al sujeto se propone una investigación de tipo experimental.

En primer lugar, todos los conocimientos antes mencionados de percepción fueron revisados para conformar lo que se llama el canon cromático (Caivano, 2007, 2006, 2004, 2003; Wong, 2005; Fraser y Banks, 2004; Artegas, 2002; Pérez, 2000; Caivano, Ávila y Doria; 1998; Coock y Fleury, 1989, Guerristen, 1975), el cual fue aplicado en el diseño de las interfaces educativas usadas en la investigación experimental. La aproximación teórica y de características de aplicación fueron determinadas y usadas en la construcción de este canon. Adicionalmente a las características anteriores, el canon fue enriquecido con el estudios de el color en las nuevas tecnologías (Pring, 2000), las características técnicas de su aplicación (Solórzano, 2005) los efectos psicológicos y emocionales de los usos del color (Heller, 2004; Ortiz, 2004) y la visualización de la información (Tufftee, 1997, 1990) obteniendo de esta manera guías cromáticas para el uso del color en las interfaces educativas en general.

Para la construcción de las interfaces educativas se consideraron la transferencia de conocimiento, la estructura cognitiva y los organizadores avanzados, con el fin de obtener un material validado desde el punto de vista educativo. La evaluación del aprendizaje se planteó a partir del promedio del aprovechamiento en pruebas estandarizadas, así como el tratamiento estadístico de los datos a partir de la estadística descriptiva; procedimientos que fueron empleados para decidir cómo diseñar y definir el instrumento a través del cual se medirían los resultados de las pruebas; así como para determinar la relación entre

aprendizaje, que no puede ser medible dado que ocurre al interior del sujeto, pero puede ser observado como un reflejo de la actuación de un estudiante en una prueba (Santrock, 2006; Heller, 2005; Henson and Eller, 2000).

Para poder llevar a cabo el experimento hubo que diseñarlo y determinar sus variables y condiciones. Fue seleccionado un estudio experimental considerando las características del mismo: un alto nivel de control experimental, eliminación dentro de lo posible de las variables extrañas, manipulación de las variables independientes, determinación a priori de los niveles de las mismas, y la asignación al azar de los sujetos experimentales a los grupos experimentales; así como la posibilidad de manejar un grupo de control que no tiene variables independientes asignadas, con el fin de determinar por comparación, el desempeño de los grupos. (Díaz, 2008; Vera, Ribas and Hirata, 2007; García and Quintanal, 2006; Ianfrancesco, 2005; Hernández Sampieri, et al; 2003; Montgomery, 2003; Kelinger and Lee, 2002; Campbell and Stanley, 1963) Para continuar con el experimento, se planteó una hipótesis experimental: *Si los cánones cromáticos son empleados en el diseño de una interfaz educativa, el aprendizaje de los alumnos se verá potenciado.* Con el fin de probar dicha hipótesis, se estableció un sistema hipotético de hipótesis nulas y alternas de la siguiente manera:

H₀ *El aprendizaje de los estudiantes no presenta diferencias comparando los promedios de aprovechamiento obtenidos en el grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el canon cromático contra la los promedios del grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el canon acromático.*

H₁ *El aprendizaje de los estudiantes presenta diferencias comparando los promedios de aprovechamiento obtenidos en el grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el canon cromático contra la los promedios del grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el canon acromático.*

H₀ *El aprendizaje de los estudiantes no presenta diferencias comparando los promedios de aprovechamiento obtenidos en el grupo expuesto a la interfaz diseñada*

usando el **canon pseudo cromático** contra la los promedios del grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el **canon acromático**.

H₂ El aprendizaje de los estudiantes **presenta diferencias** comparando los promedios de aprovechamiento obtenidos en el grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el **canon pseudo cromático** contra la los promedios del grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el **canon acromático**.

H₀ El aprendizaje de los estudiantes **no presenta diferencias** comparando los promedios de aprovechamiento obtenidos en el grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el **canon cromático** contra la los promedios del grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el **canon pseudo cromático**.

H₃ El aprendizaje de los estudiantes **presenta diferencias** comparando los promedios de aprovechamiento obtenidos en el grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el **canon cromático** contra la los promedios del grupo expuesto a la interfaz diseñada usando el **canon pseudo cromático**.

En el diseño experimental, el diseño simple univariado fue empleado, con una variable independiente consistente en dos niveles y un grupo de control. La cantidad de grupos experimentales se calculo de acuerdo con la siguiente fórmula $(1 \times 2) + 1 = 3$. Se consideraron las propuestas de Salomon para el diseño experimental (en García, Frías y Llobell; 1999) por lo que se obtiene un total de doce grupos experimentales, con la siguiente distribución:

Grupos Exerimentales		Mediciones Experimentales	
		Pre-test. Test aplicado previo a la experimentación	Test aplicado durante la experimentación
1	A1	✓ .	✓ .
2	A2	✓ .	✓ .
3	A3		✓ .
4	A4		✓ .
5	B1	✓ .	✓ .

6	B2	✓ .	✓ .
7	B3		✓ .
8	B4		✓ .
9	C1	✓ .	✓ .
10	C2	✓ .	✓ .
11	C3		✓ .
12	C4		✓ .

Tabla 01 Distribución de los test en relación a grupos experimentales y de control (López, 2008)

Para establecer el tamaño de la muestra, el universo fue definido como la población existente en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México; como adolescentes entre los 15 y los 19 años de edad. Por ello, en el momento del estudio; fue considerado como universo una población total de 409,000 individuos (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI, 2008). Usando la fórmula de determinación el cálculo quedó como se describe:

$$n = \frac{z^2 pqN}{E^2 (N-1) + z^2 pq}$$

Donde:

Z = Porcentaje de confianza

p = Probabilidad de ocurrencia del evento

q = Probabilidad de no ocurrencia del evento

E = Margen de error expresado estadísticamente

N = Tamaño del Universo

Sustituyendo los datos en la fórmula:

$$n = \frac{1.65^2 (95*5) 409,000}{5^2 (409,000-1) + 1.65^2 (95*5)} = 51 \text{ sujetos.}$$

Para el experimento y con la intención de distribuir los sujetos en los grupos uniformemente, la muestra se constituyó con 60 sujetos. Por consideraciones de género y de proporción del mismo en la población, se seleccionaron 30 mujeres y 30 hombres. El experimento se llevó a cabo en el Centro de Computo de una escuela particular en la zona del Lago de Guadalupe; en una habitación especialmente acondicionada., como se muestra en la figura 9. Cada uno de los grupos experimentales A, B y C; fueron integrados por veinte estudiantes. Cada grupo consideró la subdivisión en módulos de cinco estudiantes. Para respetar la condición de aleatoriedad y la distribución de género, cada módulo de estudiantes fue sentado en filas colocadas como se describe en la figura 10



Figura 09. Condiciones del cuarto experimental(López, 2008)

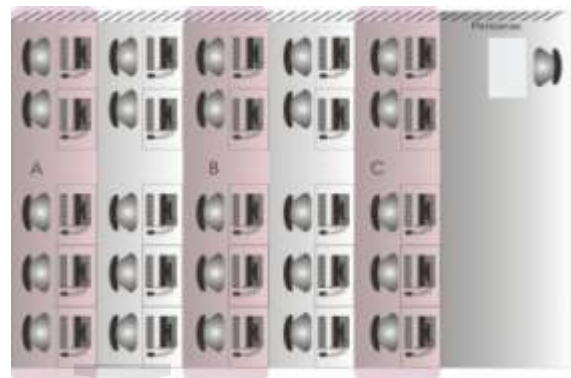


Figura 10. Distribución de los grupos experimentales en la habitación (López, 2008)

Cada uno de los grupos fue expuesto a la interfaz educativa como se describe a continuación:

Fila A: Grupo Control usando la interfaz acromática

Fila B: Grupo experimental usando la interfaz educativa con canon cromático

Fila C: Grupo experimental usando la interfaz educativa con canon pseudo cromático

Cada una de las filas experimentales fue aislada de las demás por medio de paneles de cartón para prevenir la contaminación visual, como se indica en las figuras 11 y 12

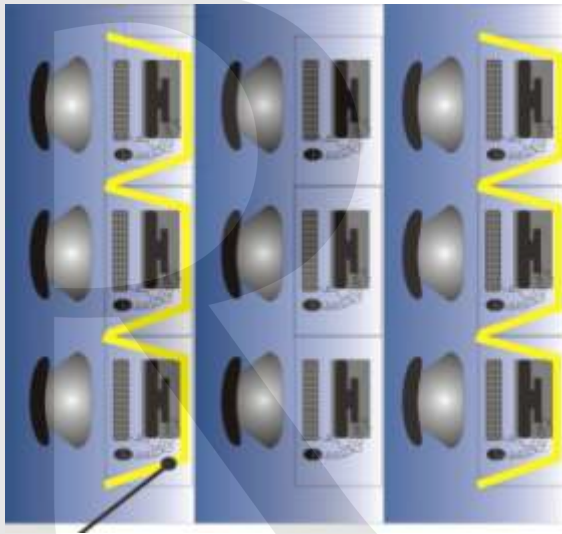


Figura 11. Vista del panel de cartón.

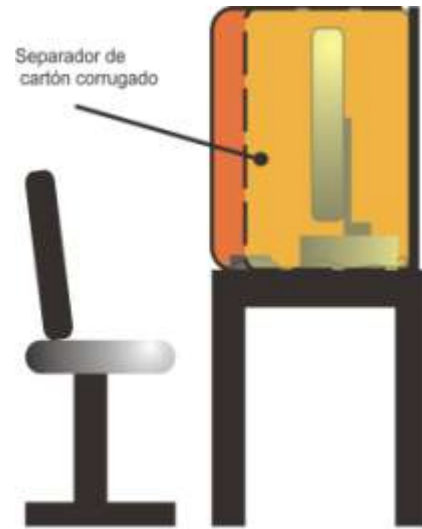
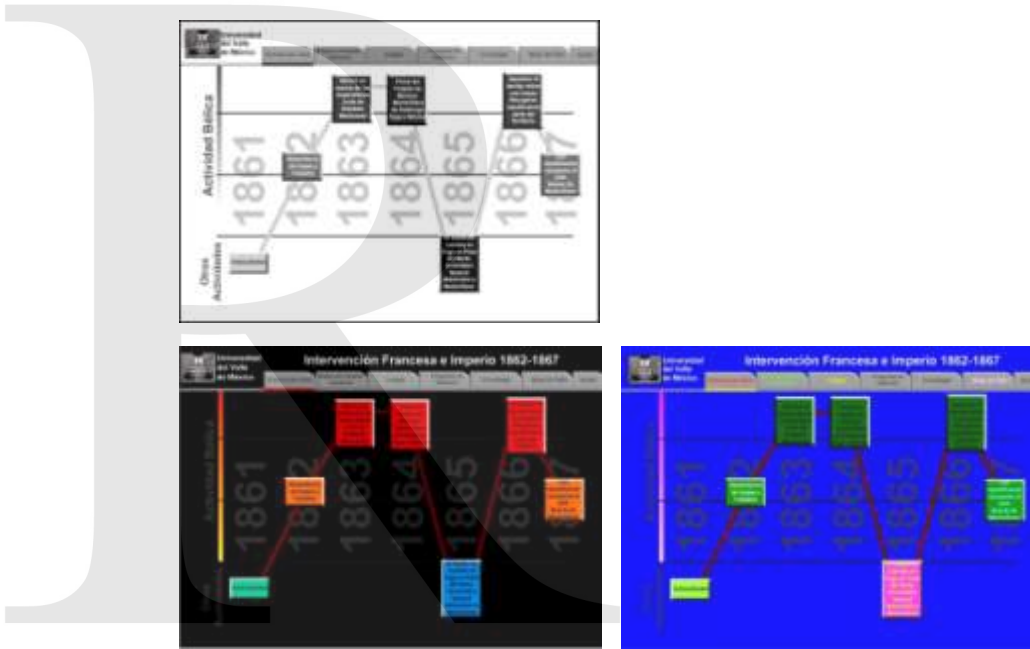


Figura 12. Vista lateral de la computadora y de la ubicación de los estudiantes (López, 2008)

Las condiciones físicas del experiment fueron controladas considerando la iluminación, el momento del día, la temperatura del cuarto, las condiciones acústicas, el hardware y el software. El diseño de los test consider las características de capacidad de discriminación, representación y la factibilidad (Santrock, 2006; Henson y Eller, 2000; Ausubel et al, 1983) para conformar tres visiones del pre-test y tres versiones del test.

El diseño de las interfaces fue propuesto de acuerdo con el canon cromático establecido en el apartado teórico. El diseño fue desarrollado considerando la estructura, proporciones aureas, reglas de composición, y las metáforas visuales establecidas en las guías teóricas del estudio. Algunos ejemplos de las interfaces educativas se muestran en las figuras 13, 14 y 15



Figuras 13, 14 y 15. Pantallas Principales de las tres interfaces educativas (López, 2008)

Resultados

Los resultados en esta investigación se encuentran en la interpretación de los datos. La estadística descriptiva fue empleada con los datos obtenidos con la aplicación de los test a los diversos grupos experimentales y de control. Las medidas de tendencia central fueron aplicadas, tales como la media, moda y mediana. (Santrock, 2006; Díaz Barriga, Hernández, 2002; Henson and Eller, 2000)

En primer lugar se empleó la distribución de frecuencias agrupadas dentro de rangos previamente establecidos. Se emplea la tabla en la que los rangos propuestos son de 10 puntos de diferencia entre uno y otro; sin embargo y dado que los datos no presentan incidencia en los rangos entre 1 a 10, 11 a 19 y 20 a 29; estos se eliminaron de la tabla de presentación de los datos, de manera que quedan conformadas con la siguiente estructura:

Grupos experimentales	Frecuencias propuestas						
	30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100
A1 PT	1	1	1	2			
A1 PT/T				1	2	1	1
A2 PT	1	1	2	1			
A2 PT/T				1	3		1
A3 T				2	1	1	1
A4 T				1	2	2	
B1 PT	1	1	2	1			
B1 PT/T					1	2	2
B2 PT	1	1	2	1			
B2 PT/T					1	2	2
B3 T					2	2	1
B4 T				1		2	2
C1 PT	1	1	2	1			
C1 PT/T			1	3	1		
C2 PT	1		3	1			
C2 PT/T			1	2	2		
C3 T				3	2		
C4 T		1	2	1	1		

Tabla 2 Frecuencias Por Grupos (López, 2008)

Al observar los resultados dentro de las frecuencias, se puede establecer que la comparativa de frecuencias en el pre test de los todos grupos, tanto los de control (A1T y A2T) como los experimentales (B1T, B2T, C1T y C2T), éstos presentan una distribución muy semejante.

En los grupos de control (A1T y A2T), se observa que la distribución cae en los rengos que van de 30 a 39, 40 a 49, 50 a 59 y 60 a 69; en tanto que en los grupos experimentales con canon cromático (B1T y B2T) la distribución de los datos abarca esas mismas frecuencias. En el caso de los grupos experimentales con canon pseudo cromático, la distribución de los datos es prácticamente la misma, con la excepción del grupo C2T, en el que no se encuentran datos en la frecuencia 40 a 49. Considerando lo anterior se puede establecer que los grupos cuentan con un nivel de conocimiento previo sobre el tema semejante y que por lo tanto, éste no sesga los resultados obtenidos en el experimento.

En el caso de los grupos que estuvieron sujetos al pre test y después al test, se observa una diferencia significativa en la distribución de los datos. En el caso de los grupos de control (A1PT/T y A2 PT/T) los datos caen en las frecuencias 60 a 69, 70 a 79, 80 a 89 y 90 a 100; con la excepción de el rango de 80 a 89 en el grupo A2PT/T; mientras que en el grupo experimental con canon cromático (B1PT/T y B2PT/T), los datos en ambos grupos se concentran en los rangos que van de 70 a 79, 80 a 89 y 90 a 100; con lo que existe un rango de diferencia entre los grupos de control A1PT/T y A2PT/T y los grupos experimentales con canon B1PT/T y B2 PT/T.

En lo que concierne a los grupos experimentales que estuvieron sujetos exclusivamente al test, se observaron las siguientes distribuciones. En el caso de los grupos de control A3T y A4T, sus datos están repartidos en las frecuencias que van de 60 a 69, 70 a 79, 80 a 89 y 90 a 100, con la exclusión del A4T que no tiene datos en la frecuencia de 90 a 100. La distribución de los datos de los grupos experimentales con canon cromático B3T y B4T, los datos no son tan uniformes, sin embargo se encuentran ubicados en los rangos de frecuencias superiores, que van de 70 a 79, 80 a 89 y 90 a 100 en el caso del grupo B3T y concentrados en los rangos 80 a 89 y 90 a 100 en el caso del grupo B4T. Para los grupos experimentales con canon pseudo cromático, la distribución de los datos se centró en las frecuencias 60 a 69, en el grupo C3T y en las frecuencias 40 a 49, 50 a 59, 60 a 69 y 70 a 79.

Para efectos de comparativas totales se agruparon los resultados de los grupos de acuerdo

con el tipo de prueba al que habían sido sujetos, quedando las distribuciones como se muestra a continuación:

FRECUENCIAS AGRUPADAS POR TIPO DE TEST

Grupo Control		30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100
A PT	Pretest	2	2	3	3			
A PT/T	Pre test/Test				2	5	1	2
A T	Test				3	3	3	1
Grupo Cromático		30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100
B PT	Pretest	2	2	4	2			
B PT/T	Pre test / test					2	4	4
B T	Test				1	2	4	3
Grupo Pseudocroma		30-39	40-49	50-59	60-69	70-79	80-89	90-100
C PT	Pretest	2	1	5	2			
C PT/T	Pre test / test			2	5	3		
C T	Test		1	2	4	3		

Tabla 3 Frecuencias Agrupadas por Tipo de Test

Una vez que han sido agrupados los datos de las frecuencias por tipo de test al que se sometieron los grupos, se puede observar que en el caso de los datos deL pre test para los tres grupos, se respeta la distribución en las frecuencias concentradas en los rangos que van de 30 a 39, 40 a 49, 50 a 59 y 60 a 69 en los tres grupos AT, BT y CT. Con lo que se puede inferir que los tres grupos parten de los mismos conocimientos básicos sobre el tema y que no es un conocimiento muy profundo del mismo.

En relación a los grupos que estuvieron sujetos al test previo y posterior al uso del interactivo, los rangos conservan su distribución, sin embargo ya se empieza a hacer

evidente una diferencia entre las tres distribuciones. Comparando el grupo de control APT/T con el grupo experimental BPT/T se hace evidente que los datos de este último se concentran en los rangos 70 a 79, 80 a 89 y 90 a 100, mientras que en el primero los datos se encuentran distribuidos en un rango más por debajo de los anteriores, es decir en el rango 60 a 69. Comparando el grupo de control APT/T y el experimental con canon pseudo cromático CPT/T, la diferencia entre las distribuciones se hace bastante evidente, ya que mientras que en el grupo APT/T los datos se encuentran en los rangos que van de 60 a 69, 70 a 79, 80 a 89 y 90 a 100; en el grupo experimental con canon pseudo cromático se encuentran distribuidos en las frecuencias que van de 50 a 59, 60 a 69 y 70 a 79, dejando sin distribución de datos a los dos últimos rangos que el grupo control si considera.

Por último, la comparativa entre los grupos que estuvieron sujetos exclusivamente al test posterior al uso de los interactivos, permite ver que entre el grupo de control AT y el grupo experimental con canon cromático BT la distribución de los datos es muy semejante, ya que los datos en el primero están ubicados en las frecuencias que van de 60 a 69, 70 a 79, 80 a 89 y 90 a 100; al igual que en el segundo grupo. En lo que concierne a la comparativa entre el grupo de control AT y el grupo experimental con canon pseudo cromático CT, la distribución de los datos permite ver que los rangos son bastante diferentes, ya que mientras que en el grupo control los rangos van de 60 a 69, 70 a 79, 80 a 89 y 90 a 100; en el segundo CT, los datos se encuentran distribuidos en las frecuencias que van de 40 a 49, 50 a 59, 60 a 69 y 70 a 79; sin considerar los dos últimos rangos de las frecuencias establecidas. En la comparativa entre el grupo experimental con canon cromático BT y el grupo experimental con canon pseudo cromático, la diferencia es la misma. Mientras que en el grupo experimental con canon cromático BT los rangos están en las distribuciones 60 a 69, 70 a 79, 80 a 89 y 90 a 100; la distribución para el grupo experimental con canon pseudo cromático se encuentra en los rangos intermedios, como ha sido descrito anteriormente.

Histogramas de Dispersión

En el desarrollo del diseño experimental, se propone el uso de histogramas de dispersión con el fin de permitir una visualización más clara de los datos graficados y de las comparativas entre los desempeños de los grupos. Dichos histogramas de dispersión se

proponen con puntos de datos, curvas suavizadas, conexión entre los puntos y sombreado del área bajo la curva, de modo que los datos pueden ser comparados por el sombreado del área bajo la curva y por la comparativa entre las figuras que dichas curvas generan, estableciendo si las curvas presentan un sesgo a positivo, negativo o si son bimodales y en dónde se ubican sus medidas de tendencia central, la mediana y la media, con lo que las gráficas puedan ser comparadas por empalme.

En relación a los datos, en la graficación de los datos obtenidos por los tres grupos al ser sujetos al pre test, es decir los grupos APT, BPT y CPT, la gráfica queda como se muestra en la figura 16

La distribución de los datos muestra que la gráfica para el grupo control tiene un sesgo negativo, lo mismo que para los dos grupos experimentales, tanto el grupo experimental con canon cromático BPT como el grupo experimental con canon pseudo cromático CPT. Por lo tanto se puede hablar de un comportamiento semejante en las tres curvas. Adicionalmente las medidas de tendencia central, media y mediana, correspondientes a los tres grupos; coinciden en valores muy semejantes en el caso de la media; e iguales en el caso de la mediana. Observando la figura se puede decir que los conocimientos previos en los tres grupos eran muy semejantes, ya que las áreas bajo la curva coinciden en su mayor parte unas con otras.

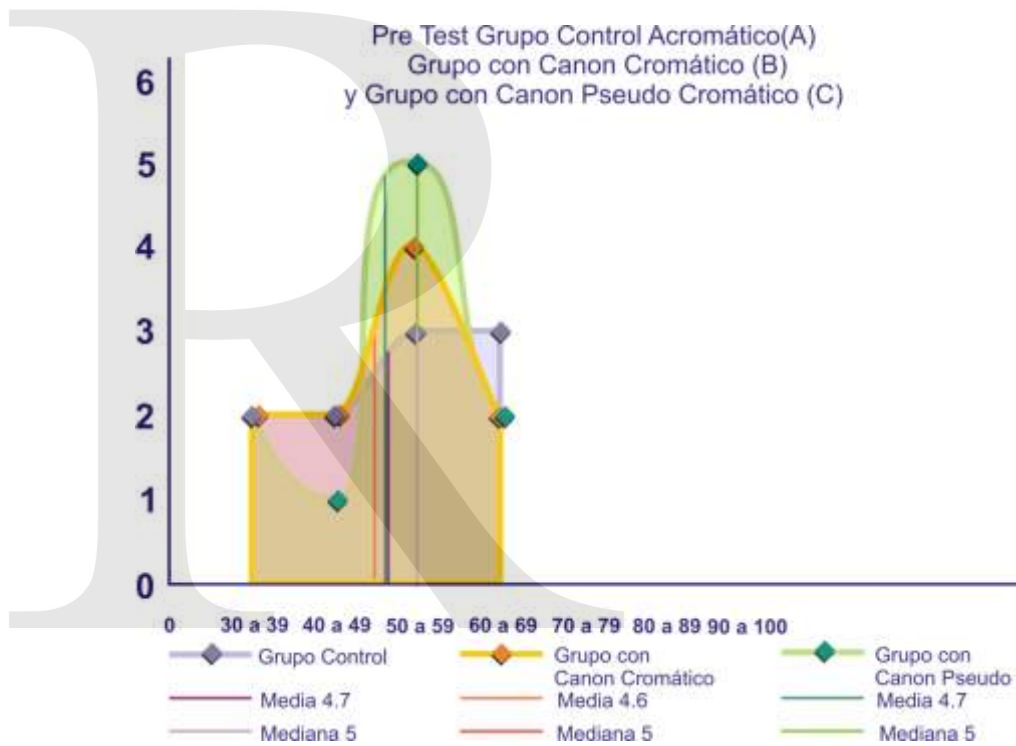


Figura 16 Graficación de resultados de Pre Test en los Grupos: Control, Experimental con Canon y Experimental Pseudo Canon (López, 2008)

En la comparativa entre las gráficas correspondiente a los grupos que estuvieron sujetos al pre test y, posteriormente del uso del interactivo, al test se pueden observar los resultados en el histograma de la figura 17

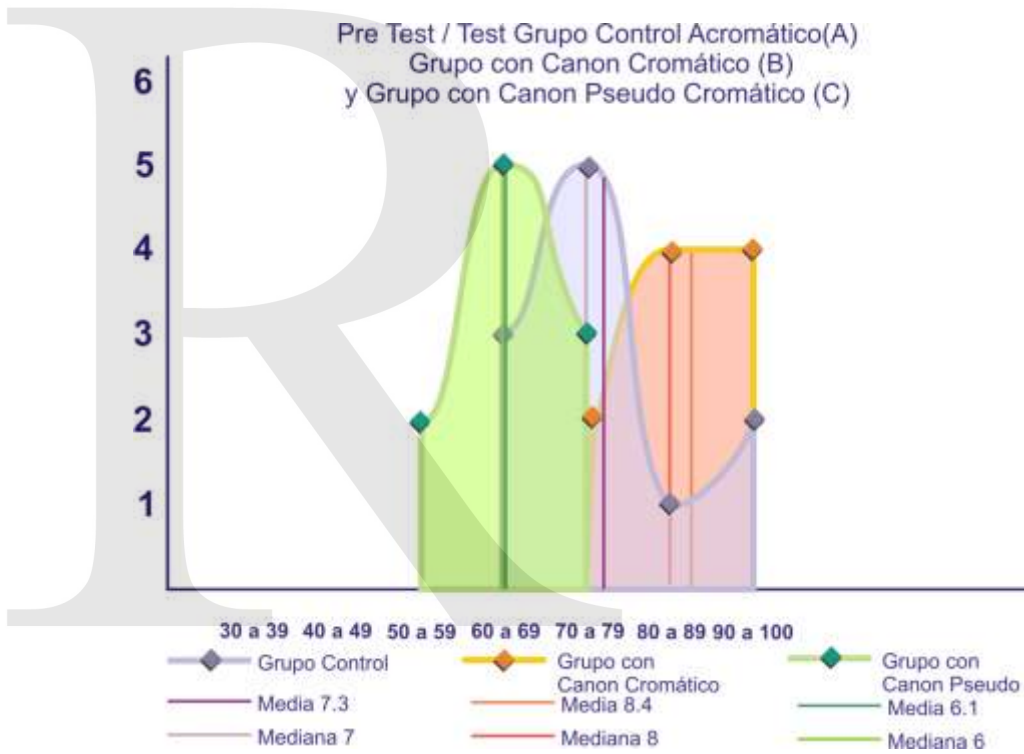


Figura 17 Graficación de resultados de Pre Test / Test en los Grupos: Control, Experimental con Canon y Experimental Pseudo Canon (López, 2008)

Como se puede observar en la gráfica, la curva para cada uno de los grupos se separa claramente de los otros. En el caso del grupo de control APT/T, la curva que sigue es con sesgo positivo, al contrario de las curvas de los grupos experimentales, con canon cromático BPT/T y con canon pseudo cromático CPT/T, que presentan un sesgo negativo. De la misma manera sus medidas de tendencia central corresponden al comportamiento promedio de las gráficas de este tipo. Se puede observar que, para cada grupo, el promedio de aprovechamiento tiene una diferencia de más de un punto entre cada uno.

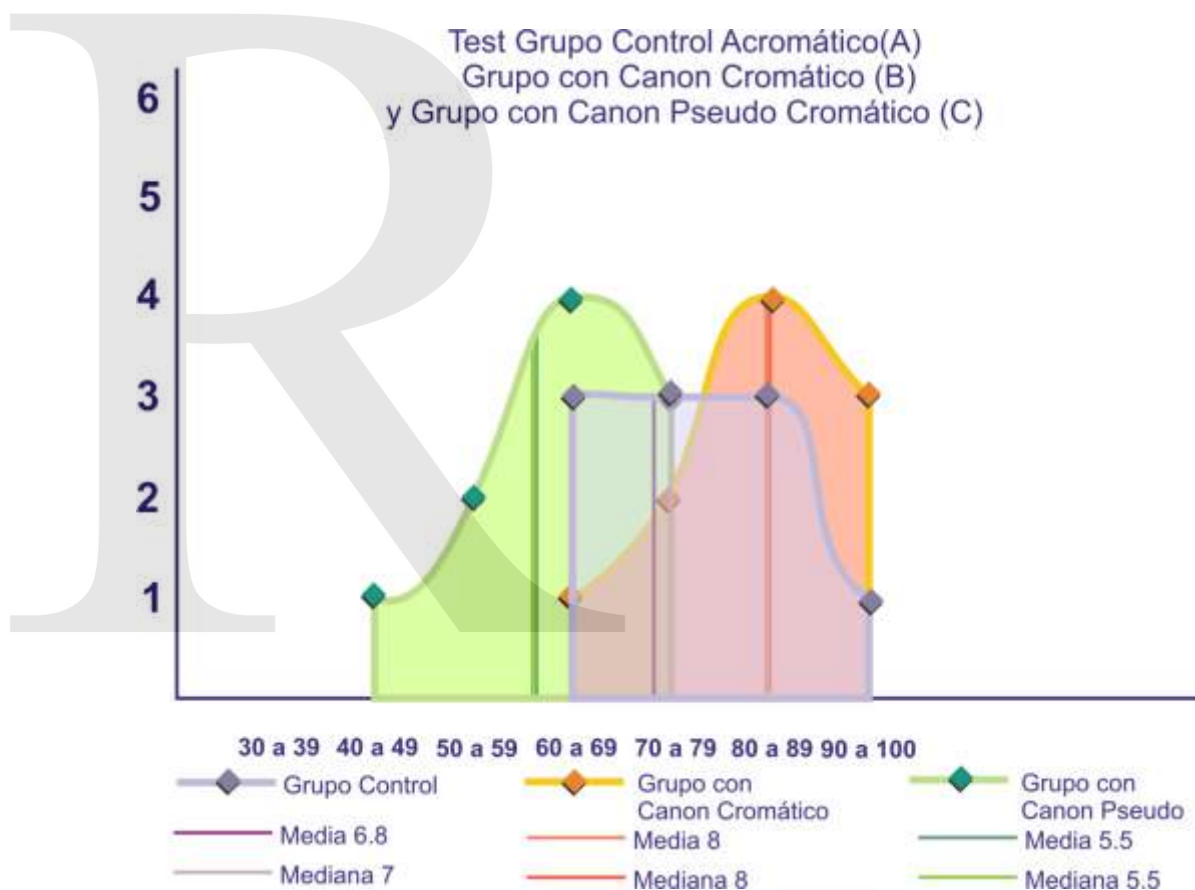


Figura 18 Graficación de resultados de Test en los Grupos: Control, Experimental con Canon y Experimental Pseudo Canon (López, 2008)

En lo que refiere a la gráfica de los grupos que únicamente estuvieron sujetos al test posterior al uso de los interactivos, la curva de las gráficas correspondientes a los mismos presenta un comportamiento semejante a la gráfica anterior, con la diferencia de que en este caso, existe un empalme entre las tres gráficas. En el caso del grupo de control AT el dibujo de la gráfica presenta un sesgo positivo, nuevamente, en tanto que los otros dos grupos presentan un sesgo positivo. Sus medidas de tendencia central, media y mediana, se encuentran centradas con respecto a los valores promedio encontrados en los grupos.

Medidas de Tendencia Central

En lo que refiere a las medidas de tendencia central, observando la tabla 4, se puede mencionar que se encontraron observaciones interesantes.

En lo que compete a la comparativa entre los grupos que estuvieron sujetos al pre test, las medias de aprovechamiento grupal son muy semejantes con A1PT con 4.8, A2PT 4.6, B1PT 4.6, B2PT 4.6, C1PT 4.6 y C2PT 4.8. En general todas las medias de los grupos se presentan de forma muy semejante. De la misma manera, las medianas de aprovechamiento para los grupos de pre test se presentan en todos los casos como 5. En lo que refiere a la moda en el aprovechamiento grupal, se tienen medidas semejantes con A1PT 6, A2PT 5, B1PT 5, B2PT 5, C1PT 5 y C2PT 5.

En lo que refiere a las medidas de los grupos que estuvieron sujetos al pre test y después de haber usado el interactivo, al test; los resultados que se observan en la tabla 4 son los siguientes. En el caso de los grupos de control las medias de aprovechamiento son de 7.4 para A1PT/T y de 7.2 para A2PT/T. Para los grupos experimentales con canon cromático las medias son de 8.4 para B1PT/T y para B2PT/T por igual. Para los grupos experimentales con canon pseudo cromático, las medias son de 6.0 para C1PT/T y de 6.2 para C2PT/T. En lo que respecta a la mediana las medidas se mantuvieron bastante uniformes en cada uno de los grupos, con una mediana de 7 para los grupos de control A1PT/T y A2PT/T, de 8 para los grupos experimentales con canon cromático B1PT/T y B2PT/T, y de 6 para los grupos experimentales con canon pseudo cromático C1PT/T y C2PT/T. Lo que compete a la medida de tendencia central llamada moda, también se mantuvo bastante uniforme en los grupos de control con 7.0 para A1PT/T y A2PT/T, y en los grupos experimentales con canon cromático una moda de 8.0 para B1PT/T y B2PT/T por igual. En el caso de los grupos experimentales con canon pseudo cromático, se obtuvieron modas de 6.0 para C1PT/T y de 7.0 para C2PT/T.

Para los resultados obtenidos en los grupos que estuvieron sujetos únicamente al test posterior al uso del interactivo, las medias que se observan para el grupo de control son de

7.2 para A3T y de 6.4 para A4T. De la misma manera se observan medias de 8.0 para los dos grupos experimentales con canon cromático y 5.6 para C3T y 5.4 para C4T

MEDIDAS DE TENDENCIA CENTRAL

Grupos experimentales		Valores obtenidos para cada grupo		
		Media	Mediana	Moda
A1	Pretest	4.8	5	6
	Test	7.4	7	7
A2	Pretest	4.6	5	5
	Test	7.2	7	7
A3	Test	7.2	7	6
A4	Test	6.4	7	7/8
B1	Pretest	4.6	5	5
	Test	8.4	8	8
B2	Pretest	4.6	5	5
	Test	8.4	8	8
B3	Test	8.0	8	8
B4	Test	8.0	8	8/9
C1	Pretest	4.6	5	5
	Test	6.0	6	6
C2	Pretest	4.8	5	5
	Test	6.2	6	7
C3	Test	5.6	6	6
C4	Test	5.4	5	5

Tabla 4 Medidas de Tendencia Central, Resultados por grupo experimental y de control, agrupados por tipo de prueba que llevaron a cabo (López, 2008)

Comparando los resultados de la media, la mediana y la moda del aprovechamiento de los grupos, los de control A1PT, A2PT, B1PT, B2PT, C1PT y C2PT, se observa que en casi todos los grupos la moda es la misma excepto en uno de los grupos, pero la diferencia no parece relevante, ya que las demás medidas de tendencia central son muy semejante y la diferencia entre ese grupo y los demás es de únicamente un punto. Esto permite suponer que el conocimiento inicial de todos los grupos, tanto los experimentales como los de control, es uniforme y permite comparar los datos obtenidos al emplear el interactivo.

En relación a los grupos que estuvieron sujetos al pre test y, después de haber empleado el interactivo, al test; se observa que tanto la media como la mediana de dos de los tres grupos tuvo un incremento significativo después de haber empleado el interactivo, como son los grupos de control que obtuvieron una media de 7.4 para A1PT/T y de 7.2 para A2PT/T, y los grupos experimentales con canon cromático, que obtuvieron una media de 8.4 para ambos grupos B1PT/T y B2PT/T; no siendo el caso de los grupos experimentales con canon pseudo cromático, que si bien tuvieron un incremento comparado con los resultados del pre test, no fue tan significativo como en los otros tres grupos, ya que solamente tuvieron una media de 6.0 para C1PT/T y de 6.2 para C2PT/T. Comparando las diferencias entre los resultados del pre test y del test posterior, se pueden obtener los datos que se muestran en la tabla 5

Datos de los grupos	Comparado con los datos del Grupo	Media	Mediana	Moda
B1PT	A1PT	-0.2	0	-1
B1PT/T	A1PT/T	1	1	1
B2PT	A2PT	0	0	0
B2PT/T	A2PT/T	1.2	1	1
B3T	A3T	0.8	1	2
B4T	A4T	1.6	1	1
B1PT	C1PT	0	0	0

B1PT/T	C1PT/T	2.4	2	2
B2PT	C2PT	-0.2	0	0
B2PT/T	C2PT/T	2.2	2	1
B3T	C3T	2.4	2	2
B4T	C4T	2.6	3	3.5
A1PT	C1PT	0.2	0	1
A1PT/T	C1PT/T	1.4	1	1
A2PT	C2PT	-0.2	0	0
A2PT/T	C2PT/T	1	1	0
A3T	C3T	1.6	1	0
A4T	C4T	1	2	2.5

Tabla 5 Medidas de Tendencia Central, Resultados por grupo experimental y de control, agrupados por tipo de prueba que llevaron a cabo (López, 2008)

Al realizar las diferencias entre los puntos obtenidos en las pruebas, se puede observar que en casi todos los casos los grupos con canon experimental obtuvieron un mayor aprovechamiento. La diferencia entre los grupos va desde 0.8 en la comparativa entre Grupo experimental con canon cromático y grupo control B3T y A3T de punto, hasta 3.5 puntos, en el caso de la comparativa entre Grupo experimental con canon cromático B4T y grupo experimental con canon pseudo cromático C4T. En muy pocos casos la diferencia se sale del comportamiento, en todos los casos de comparación en la media y en particular en la comparativa entre B1PT y A1PT, B2PT y C2PT, y C2PT y A2PT, en que los comportamientos son ligeramente contrarios a la tendencia del grupo.

En la comparativa entre los aprovechamientos de los grupos experimentales y de control, se puede llegar a las siguientes observaciones:

Al comparar el aprovechamiento del grupo de control acromático con el aprovechamiento del grupo experimental con canon cromático, se encuentra que el grupo experimental

obtiene una mayor puntuación que va desde 8 décimas de punto, hasta los 2 puntos de diferencia.

Al confrontar el grupo experimental con canon cromático con el grupo experimental con canon pseudo cromático, se observa que el grupo experimental con canon cromático obtiene una mayor puntuación que va desde 1 punto hasta los 3.5 puntos de diferencia.

Al contrastar el aprovechamiento del grupo de control acromático con el aprovechamiento del grupo experimental con canon pseudo cromático, se encuentra que el grupo de control acromático obtiene una mayor puntuación que va desde 2 décimas de punto, hasta los 2.5 puntos de diferencia.

Medidas de Variabilidad

Se hace uso de las tres medidas que con mayor frecuencia se emplean: rango, la varianza y la desviación estándar, obteniendo los registros que se muestran en la tabla 6

Grupos experimentales		Valores obtenidos para cada grupo				
		Rango			Desviación Estándar	Varianza
		Mínimo	Máximo	Rango absoluto		
A1	Pretest	3	6	3	1.304	1.143
A1	Test	6	9	3	1.140	1.068
A2	Pretest	3	6	3	1.140	1.068
A2	Test	6	9	3	1.095	1.047
A3	Test	6	9	3	1.304	1.143
A4	Test	6	8	2	0.837	0.915

B1	Pretest	3	6	3	1.140	1.068
B1	Test	7	10	3	1.140	1.068
B2	Pretest	3	6	3	1.140	1.068
B2	Test	7	10	3	1.140	1.068
B3	Test	7	10	3	1.225	1.107
B4	Test	6	9	3	1.225	1.107
C1	Pretest	3	6	3	1.140	1.068
C1	Test	5	7	2	0.707	0.841
C2	Pretest	3	6	3	1.095	1.047
C2	Test	5	7	2	0.837	0.915
C3	Test	5	6	1	0.548	0.740
C4	Test	4	7	3	1.140	1.068

Tabla 6 Resumen de los Valores Obtenidos de Acuerdo con el Cálculo del Rango, La Varianza y la Desviación Estándar, para Cada Grupo Experimental y de Control (López, 2008)

De acuerdo con lo que indican las guías de interpretación de datos en medidas de tendencia central, se se deben obtener tres medidas de variabilidad:

El rango

La Desviación estándar

La varianza.

Rango. En lo que refiere al rango, las medidas que se muestran son homogéneas en su mayoría, mostrando una consistencia de tres puntos en el rango en la mayoría de los grupos. Las excepciones se dan en tres de los casos en los grupos experimentales con canon pseudo cromático C1PT/T, C2PT/T y C3T, y en un caso en el grupo de control A4T, en los que el rango es menor que el de la media de los grupos. Siendo el rango menor de una

unidad.

En lo que refiere a la desviación estándar, ésta se considera pequeña, ya que los datos están entre los valores 0.548 y 1.304 considerando todos los grupos. Adicional a lo anterior, se obtiene la varianza, con registros que van desde 0.740 hasta 1.143, lo que también es estimado como relativamente pequeño. Considerando los datos obtenidos por ambas escalas de valores, se puede afirmar que los datos obtenidos son homogéneos. (Henson y Eller, 2000)

Conclusiones

Cuando se comparan los resultados de los tres grupos experimentales, varias conclusiones parecen destacar. La primera es que el color en realidad es uno de los elementos que pueden influir en el aprendizaje del alumno, reflejado como su desempeño en las pruebas de aprovechamiento y que en realidad puede ayudar al aprendizaje significativo de temas dada la comparación entre el desempeño de los grupos A, B y C; el grupo B siempre mostró mejores resultados y por tanto mejor desempeño en las pruebas, cuando se compara con los resultados de los otros dos grupos.

La segunda conclusión es que es mejor usar el color en una forma canónica que usarla en una forma pseudo canónica, dado que al comparar los resultados de los grupos a, B y C; el grupo B siempre obtuvo mejores resultados que los obtenidos con el grupo C que usó el canon pseudo cromático.

La tercera es que el uso de un canon pseudo cromático puede interferir con el desempeño y con el aprendizaje significativo dada la comparativa entre el desempeño del grupo de control A contra el grupo con canon pseudo cromático C, éste siempre obtuvo el tercer lugar en desempeño cuando se compara con los otros dos grupos.

Cuando se hace una revisión del sistema hipotético, las hipótesis alternas H_1 , H_2 , y H_3 fueron validadas en los tres casos, con lo que se valida la hipótesis experimental. Dado lo anterior es posible decir que *Si los cánones cromáticos son empleados en el diseño de una interfaz educativa, el aprendizaje de los alumnos se verá potenciado*. Estos resultados son de particular interés para los maestros que usan las interfaces educativas, ya que les permite conocer el papel del color en el aprendizaje significativo. El primer rol que juega es el de

potenciador conexiones entre el conocimiento previo y el nuevo que se pretende incorporar en la estructura cognitiva del estudiante, esto fue mostrado por el incremento en las curvas de aprendizaje de los estudiantes que usaron la interfaz desarrollada con el canon cromático. Hay un aspecto negativo que debe destacarse primordialmente y es el papel que juega el color como una barrera que puede provocar un decremento o que puede ser un estorbo para la potenciación del aprendizaje. Esto fue mostrado al comparar los resultados del aprovechamiento obtenido por los grupos usando el canon pseudo cromático contra los otros dos grupos, control y experimental canon cromático.

De todo lo anterior se puede establecer una primera conclusión general: que el material educativo puede y debe ser planeado usando el canon cromático. Hay, por supuesto, preguntas adicionales que deberán ser contestadas por estudios que den continuidad al presente planteamiento y que permitirán tener un panorama más claro de cuál es el papel del color en el aprendizaje y en la construcción de las estructuras cognitivas de los sujetos. Esta investigación es una primera aproximación al tema.

Referencias

Artegas Jm; Capilla , Pascual Y Pujor, Jaime (2002) *Tecnología del Color*, Publ. Universitat de Valencia, España

Ausubel, David; Novak, Joseph; Hanesian, Helen (1983) *Psicología Educativa, Un punto de Vista Cognoscitivo*, Ed. Trillas, México.

Berlin, Brent (1999) *Basic Color Themes: Their Universality and Evolution*, Center for the Study if Language and Inf., US

Birren, Faber (1984) *Color & Human Response: Aspects of light and Color Bearing on the Reaction of Living Things and the Welfare of Human Beings*, Wiley; US

Bustos-González, Atilio (2000) *Estrategias Didácticas para el Uso de las TIC en la Docencia Universitaria Presencial*, Pontificia Universidad Católica de Valparaiso, Chile.

Cantoni, Virgilio; Di Gesú, Vito; Setti, Alessandra; Tegolo, Domenico. (Editores) (1997) *Human and Machine Perception: Information Fusion*, Springer, US

Carrasco, José Bernardo (2004) *Una Didáctica para Hoy: Cómo Enseñar Mejor*, Ediciones Rialp, Madrid, España.

Chalupa M Leo y Werner Leon, Editores (2003) *The Visual Neurosciences, 2 Volume Set*, The MIT Press, US

Changizi, Mark (2010) *The Vision Revolution: How the latest research Overturns Everithing we Thought we Know About Human Vision*, BenBella Books, US

Cook, Alton Y Fleury, Robert (2000) *Type and Color, A Handbook of Crative Combinations*, Rockport Publishers, México D.F. México.

Costa, Joan (2003) *Diseñar para los Ojos*, Grupo Editorial Design, Bolivia.

Davidoff Jules (1991) *Cognition Through Color* (Issues in the Biology of Language and Cognition), The MIT Press, US

Desp-Langley, Brigitta & Langley, Keith (2010) *The importance of color perception to animals and Man*, (Neuroscience Research Progress), Nova Science Publishers Inc, US
Díaz, Paloma, Et Al (1996) *De la Multimedia a la Hipermedia*; RA-MA Editores. Madrid. España.

Dondis, D.A. (2000) *Sintáxis de la Imagen, Introducción al Alfabeto Visual*, Gustavo Gili, Barcelona, España.

Eliis, Ormros, Jeanne (2005) *Aprendizaje Humano*, Pearson Prentice Hall, México.

Evans Ralph M (1974) *The perception of color*, John Wiley & Sons Inc, US

Facultad De Bellas Artes (2003) *Color: Reflexiones*, Universidad de Bogotá, Colombia,
Fraser, Tom Y Banks, Adam (2004) *Designer's Color Manual: The Complete Guide to Color Theory and Application*, Chronicle Books, EUA.

Gaddotti, Moacir (2003) *Perspectivas Actuales de la Educación*, Edit. Siglo XXI, México.
Gardner, J.L.; Merriam, E.P ; Movshon, J.A.; Heeger D.J. (2008) *Maps of Visual Space in Human Occipital Cortex are retinotopic not Spaciotopic*, U.S. National Library of Medicine, US

Gazzaniga, Michael (2009) *The Cognitive Neurosciences*, The MIT Press, US

Gazzaniga, Michael; Ivry, Richard; Manguin, George (2008) *Cognitive Neuroscience: The Biology of the Mind*, W.W. Norton & Company, US

Genfurther Karl R (2001) *Color Vision: From Genes to Perception*, Cambridge University Press, US

Gerstner, Karl (1990) *Forms of Color: The interaction of Visual Elements*, The MIT Press, US

Goldstein, Bruce (2005) *Sensación y Percepción*, Ed. Thompson, México.

González Ornelas, Virginia (2003) *Estrategias de Enseñanza Aprendizaje*, Editorial Pax, México.

Grossberg, ST (1982) *Studies of Mind and Brain: Natural Principles of Learning, Perception, Development, Cognition and Motor Control*, Springer, US

Guerritsen, Franz (1975) *Theory and Practice of Color, A Color Theory Based in Laws of Perception*, Van Nostrand Reinhold, EUA.

Guevara, Yolanda (2005) *Constructivismo en México*, Panorama General, Editorial Pax S.A. México.

Gutiérrez Marín, Alfonso (1999) *Educación Multimedia y Nuevas Tecnologías*. Ediciones de la Torre. Madrid. España

Hardin C; Maffi, Luisa (Editors) (1997) *Color Categories in Thought an Language*, Cambridge University Press, US

Hardin, C.L. (1988) *Color for Philosophers: Unweaving the Rainbow*, Hackett Publishing Company, US

Hardy Leahey, Thomas; Jackson Harris, Richard (2000) *Learning and Cognition*, Prentice hall, US

Heller, Eva (2005) *Psicología del Color, Cómo Actúan los Colores Sobre los Sentimientos y la Razón*, Gustavo Gili, Barcelona, España.

Henson, Kenneth Y Eller F, Ben (2000) *Psicología Educativa para la Enseñanza Eficaz*, Edit. Thomson Learning Ibero, México.

Hernández Sampieri, Roberto, et al (2003) *Metodología de la Investigación*, Ed. Mc Graw Hill, México.

Hoffman David (1998) *Visual Intelligence, How we create what we see*, Norton, EUA.

Ianfrancesco, Giovanni (2005) *Evaluación Integral y del Aprendizaje*, Cooperativa Editorial Magisterio, Colombia.

Ings, Simon (2008) *A Natural History of Seeing: The Art and Science of Vision*, W.W. Norton & Company, US

Kanwisher, Nancy; Duncan, John (Editores) (2004) *Functional Neuroimaging of Visual Cognition* (Attention and Performance Series), Oxford University Press, US

Kendall, Robert (2001) *The Electronic Word: Techniques and Possibilities for Interactive Multimedia Literature*, en The New Media Reader CD-ROM, The MIT Press, Cambridge, EUA.

Kerlinger, Fred; Lee, Howard (2002) *Investigación del Comportamiento, Métodos de Investigación en Ciencias Sociales*, MacGraw Hill Interamericana, México.

Kerlov, Isaac, Rosebush, Judson (2001) *Computer Graphics for Designers and Artists*, en *The language of new media*, MIT Press, Cambridge, EUA.

Knoblich, Günther; Thornton, Ian; Grosiean, Marc; Shiffar, Maggie (Editores) (2005) *Human Body Perception from the Inside Out* (Advances in Visual Cognition), Oxford University Press, US

Kopak, Jeanne, (2003) *Color in Three-Dimensional Design*, Mc Graw Hill Professional, US

Krees, Gunther (1998) *Visual and verbal modes of representation in electronically mediated communication: the potentials of new forms of text*, en *Page to Screen*, Ediciones Routledge, New York, EUA.

Küppers, Harald (2005) *Fundamentos de la Teoría de los Colores*, Gustavo Gilli, México.
Lampert, Gary B (1998) *God's Web Site: Light, Color and Perception*, Medicine Bear Publishing, US

Landy, Muchel; Malonesy, Laurence; Pavel, Micha (Editores) (1995) *Exploratory Vision: The Active Eye*, (Springer Series in Perception Engineering), Springer, US

Landy, Muchel; Movshon, J Anthony (Editores) (1991) *Computational Models of Visual Processing*, The MIT Press, US

Lázaro Leonte, Luis Miguel Y Tiana Ferrer, Alejandro (2001) *Problemas y Desafíos para la Educación en el Siglo XXI en Europa y América Latina*, Universidad de Valencia, España.

Lison Tolsana, Carmelo (2005) *Antropología: Horizontes Educativos*, Universidad de Valencia, Universidad de Granada, España.

Lynch, Patrick J., Horton, Sarah (2000) *Principios de diseño básicos para la creación de sitios Web*, 2da edición, Gustavo Gili, México.

Maldonado, Tomás (1994) *Lo Real y lo Virtual*. Edit. Gedisa. Barcelona, España.

Manovich, Lev (2001) *New media from Borges to HTML*, en *The language of new media*, MIT Press, Cambridge, EUA.

Manovich, Lev (2002) *Spatial Computerisation and Film Language*, en *New Screen Media, Cinema/Art/Narrative*, Ed. British Film Institute, London, England.

Martínez Michael (2009) Learning and Cognition: The Design of the Mind, Allyn & Bacon, US

Maund, Barry (1995) Colours: Their Nature and Representation, Cambridge University Press, US

McLaury, Robert (1997) Color and Cognition in Mesoamerica: Constructing Categories as Vantage, University of Texas Press, US

Medeiros, John (2006) Cone Shape And Color Vision: Unification of Structure and Perception, Fifth Estate, US

Mesonero Vallondo; Antonio (1995) Psicología del Desarrollo y de la Educación en la Edad Escolar; Textos Universitarios Ediuno; Universidad de Oviedo; España

Mialaret, Gastón (2001) Psicología de la Educación, Edit. Siglo XXI, México D.F, México.

Minkowsky, J. (1995) Principios de Relatividad, en Language of Vision, Dover edition, Chicago, EUA.

Montgomery, Douglas C. (2003) Diseño y Análisis de Experimentos, Ed. Limusa Wiley, México.

Morgan, David (2007) Essentials of Learning and Cognition, Waveland Printers Inc., US

Movshon, J.A.; Lennie, P (2005) Coding Color and Form in the Geniculostriate Visual Pathway, U.S. National Library of Medicine, US

Munari, Bruno. (2000), Diseño y Comunicación Visual, Contribución a una Metodología Didáctica, Gustavo Gili, Barcelona, España.

Murray, Janet H. (2003) Inventing the Médium, en The New Media Reader, The MIT Press, Cambridge, Massachussets, EUA.

Ortiz, Hernández; Georgina (2004) El Significado de los Colores; Ed. Trillas, México.

PAJARES, F.; HARTLEY, J. Y VALIANTE, G. (2001) Response Format in writing Self-Efficacy Scales. Greater discrimination increases prediction. Measurement and evaluation in counseling and development. 33, 4, 214-221.

Pring, Roger (2001) WWW. color, 300 usos del color para sitios Web, Ed. Gustavo Gili, México.

Reagan, David M. (2000) Human Perception of Objects: Early Visula Processing of Spatial Form Defined by Luminac, Color, Texture, Motion and Binocular Disparity, Sianuer Associates, US

Reiser A, Gagne M. Robert (1983) Selecting Media for Instruction, Edit. Educational Technology Pubns, EUA.

Rieser, Martín, Zapp, Andrea (2002) New Screen Media, Cinema/Art/Narrative, Ed. British Film Institute, London, England.

Riley II; Charles (1995) Color Codes: Modern Theories of Color in Philosophy, Painting and Architecture, Literature, Music and Psychology, UPNE, US

Ruiz Ibañes, José (2006) La Educación en un Nuevo Orden Mundial: Diagnósticos y Reflexiones en Torno a los Nuevos Medios, Ediciones Días de los Santos, Argentina.

Ruiz Zúñiga, Angel (2001) El Siglo XXI y el Papel de la Universidad. Una Radiografía de Nuestra Época y las tendencias en la Educación Superior, Editorial de la Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

San Martín Alonso, Angel (1995) La Escuela de las Tecnologías, Universidad de Valencia, España.

Santrock, John (2006) Psicología de la Educación, McGraw Hill Interamericana, México.
Shadish, William; Cook, Thomas; Campbell, Donald (2001) Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference, Wadsworth Publishing, US

Solomon, Gavriel (1994) Interaction of Media, Cognition, and Learning: An Exploration of How Symbolic Forms Cultivate Mental Skills and Affect Knowledge Acquisition, Routledge, US

Solomon, Gavriel (1996) Distributed Cognition: Psychological and Educational Considerations, (Learning in Doing: Social, Cognitive and Computational Perspectives), Cambridge University Press, US

Tapia, Alejandro (2004) El diseño gráfico en el espacio social, Ed. Designio-Encuadre, México

Thompson, Evan (1994) Colour Vision: A Study in Cognitive Science and Philosophy of Science, Routledge, US

Tufte, Edward (1990) Envisioning Information, Graphic Press, Cheshire, Connecticut, EUA.

Tufte, Edward (1997) Visual Explanations, Graphic Press, Cheshire, Connecticut, EUA.
Wallisch, P; Movshon, J.A. (2008) Structure and Function come Unglued in the Visual Cortex, U.S. National Library of Medicine, US
Wong, Wicius (2005) Principios del Diseño en Color, Gustavo Gili, Barcelona, España.

Wood, David, (2000) Cómo piensan y Aprenden los Niños, Contextos Sociales del Desarrollo Cognoscitivo, Siglo XXI, México.

Referencias electrónicas

[En Línea] Alonso Oliva, Juan Luís; Gutiérrez Fernández, David; López Santa Cruz, Víctor; Torrecilla Peñuela, Javier (1998). El Mundo De La Enseñanza Asistida Por Ordenador En Educación Primaria; Especialidad En Educación Primaria; Escuela Universitaria De Magisterio De Toledo Universidad De Castilla La Mancha, España. Recuperado marzo 2010. Disponible en: [Http://Www.Uclm.Es/Profesorado/Ricardo/Webnntt/Bloque%202/Eao.Htm](http://Www.Uclm.Es/Profesorado/Ricardo/Webnntt/Bloque%202/Eao.Htm)

[En Línea] De Moura Castro, Claudio, (2007) *La Educación En La Era De La Información: Promesas Y Frustraciones*, Artículo De Revista, Recuperado Mayo 2, 2007. Disponible en: <http://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/169609.la-educacion-en-la-era-de-la-informacion.html>

[En Línea] Stephen Heppell, Carole Chapman, Richard Millwood, Mark Constable, Jonathan Furness Et Al (2004) Building Learning Futures. Recuperado Mayo 2, 2007 Disponible en: <Http://Rubble.Ultralab.Net/Cabe>

[En Línea] Munilla, Gloria; Ferro, Elena; García, David (2004). *Seguimiento Y Evaluación De Plataformas Virtuales Para La Difusión, Documentación Y Comunicación De Instituciones Culturales Y Del Patrimonio*. In3: Uoc. (Discussion Paper Series: Dp04-002) Recuperado Marzo 1, 2007. Disponible en: <Http://Www.Uoc.Edu/In3/Dt/20408/Index.Html>

[En Línea] The Institute For The Advancement Of Research In Education (IARE) (2003) Graphic Organizers: A Review Of Scientifically Based Research, At Ael, Oregon, Usa, Pp. 48 Recuperado Mayo 2, 2007, Disponible En: <Www.Inspiration.Com>

[En Línea] Arribas, Martín (2004), Diseño Y Validación De Cuestionarios, En *Matronas Profesión 2004*; Vol. 5, N° 17 , Recuperado 21 De Febrero, 2007, Disponible En: Http://Www.Enferpro.Com/Documentos/Validacion_Cuestionarios.Pdf

[En Línea] Avilés (2003) Teorías del Cognoscitvismo, Recuperado enero 2010. Disponible En: <Http://Www.Pucpr.Edu/Facultad/Ejaviles/Ed%20627%20pdf%20files/Fundamentos%20psicol%C3%B3gicos%20del%20curr%C3%Adculo%20-%20cognoscitvismo.Pdf>

[En Línea] Ballesteros, Soledad (1999) Memoria Humana: Investigación Y Teoría. *Pshicothema* Año/Vol. 11, Número 004, Universidad De Oviedo, Oviedo, España. Recuperado enero 2010. Disponible en: <Http://Redalyc.Uaemex.Mx/Redalyc/Pdf/727/72711401.Pdf>

[En Línea] Bianchini, Adelaide (2006). *Conceptos Y Definiciones De Hipertexto*. Departamento De Computación Y Tecnología. Universidad Simón Bolívar. Caracas, Venezuela. Recuperado octubre 23, 2006, Disponible En: <Http://Www.Ldc.Usb.Ve/~Abianc/Hipertexto.Html>

[En Línea] Bustillo Porro, Vicenta (2002) *Sociedad, Educación E Informática*, Universidad Complutense De Madrid, Octubre 2002, Recuperado Mayo 2, 2007, Disponible En: [Http://Www3.Usal.Es/~Teoriaeducacion/Rev_Numero_06_2/N6_02_Art_Bustillo.Htm#_Ftn5.Html](http://Www3.Usal.Es/~Teoriaeducacion/Rev_Numero_06_2/N6_02_Art_Bustillo.Htm#_Ftn5.Html)

[En Línea] Cañas, Alberto; Badilla, Ekeonora (2005) *Pensum No Lineal, Un Propuesta Innovadora Para El Diseño De Planes De Estudio*, Revista Electrónica "Actualidades Investigativas En Educación", Universidad De Costa Rica, Issn 1409-4703, Costa Rica. En:[Http://Redalyc.Uaemex.Mx/Redalyc/Pdf/447/44759902.Pdf](http://Redalyc.Uaemex.Mx/Redalyc/Pdf/447/44759902.Pdf)

[En Línea] Castellanos Baena, M^a Concepción (2001) *Disociación En La Memoria De Trabajo Viso-Espacial*, Dpto. De Psicología Experimental Y Fisiología Del Comportamiento, Facultad De Psicología, Universidad De Granada, España. Recuperado enero 2010. Disponible en: [Http://Servidor.Ugr.Es/~Neurocogweb/Tesinacastellanos.Pdf](http://Servidor.Ugr.Es/~Neurocogweb/Tesinacastellanos.Pdf)

[En Línea] Colodrón, M^a Francisca (2004) *Psicología Educativa*. Recuperado enero 2010. Disponible En:[Http://Www.Cop.Es/Colegiados/M-02744/](http://Www.Cop.Es/Colegiados/M-02744/)

[En Línea] Craik, Fergus I.; Lockhart, Robert S. (1972) *Levels Of Processing: A Framework For Memory Research*. Journal Of Verbal Learning & Verbal Behavior. Dec Vol Vol. 11(6) 671-684, Recuperado noviembre 2009. Disponible En: [Http://Psycnet.Apa.Org/Index.Cfm?Fa=Buy.Optiontobuy&Id=1973-20189-001](http://Psycnet.Apa.Org/Index.Cfm?Fa=Buy.Optiontobuy&Id=1973-20189-001)

[En Línea] Díaz Barriga, Frida, Hernández Rojas, Fernando (1999) *Estrategias Docentes Para Un Aprendizaje Significativo. Una Interpretación Constructivista*; Instituto Latinoamericano De La Comunicación Educativa Recuperado octubre 2009. Disponible en:[Http://Redescolar.Ilce.Edu.Mx/Redescolar/Biblioteca/Articulos/Pdf/Estrate.Pdf](http://Redescolar.Ilce.Edu.Mx/Redescolar/Biblioteca/Articulos/Pdf/Estrate.Pdf)

[En Línea] Duarte Ana (2002) *La Enseñanza Programada Y Simulación, Serie Diseño De Materiales Y De Entornos Tecnológicos De Formación, Tecnología Educativa*, Dep. Pedagogía, Universitat De Huelva, España. Recuperado noviembre 2009. Disponible en:[Http://Www.Sre.Urv.Es/Formacio/Master/Pdf/Bloqueii/B2t4.Pdf](http://Www.Sre.Urv.Es/Formacio/Master/Pdf/Bloqueii/B2t4.Pdf)

[En Línea] Errtmer Y Newby (1993) *Conductismo, Cognitivismo Y Constructivismo: Una Comparación De Los Aspectos Críticos Desde La Perspectiva Del Diseño De Instrucción*, Universidad Pedagógica Experimental Libertador Instituto Pedagógico De Caracas; Venezuela, Recuperado enero 2010. Disponible En:[Http://Crisiseducativa.Files.Wordpress.Com/2008/03/Conductismo_Cognitivismo_Constructivismo.Pdf](http://Crisiseducativa.Files.Wordpress.Com/2008/03/Conductismo_Cognitivismo_Constructivismo.Pdf)

[En Línea] Fascaroli, Manuel. (2002) *La Sociedad De La Información Y El Futuro De Los Diarios En Internet: Hacia El Establecimiento De Las Características Como Medio*. Revista Latina De Comunicación. No. 48. Marzo, 2002. La Laguna. Tenerife. Recuperado noviembre 2009. Disponible En: [Http://Www.Ull.Es/Publicaciones/Latina/2002/Latina48marzo/4809frascaroli.Html](http://Www.Ull.Es/Publicaciones/Latina/2002/Latina48marzo/4809frascaroli.Html)

[En Línea] Heinz- Flechsig, Karl Schiefelbein Ernesto (2003) *Instrucción Programada*, Portal Educativo De Las Américas, Recuperado noviembre 2009. Disponible en:

[Http://Www.Educoas.Org/Portal/Bdigital/Contenido/Interamer/Interamer_72/Schiefelbein-Chapter13new.Pdf](http://Www.Educoas.Org/Portal/Bdigital/Contenido/Interamer/Interamer_72/Schiefelbein-Chapter13new.Pdf)

[En Línea] Lamarca L. María De Jesús (2006) *Hipertexto, El Nuevo Concepto De Documento En La Cultura De La Imagen*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense De Madrid. España. Recuperado octubre 2009. Disponible en: [Http://Hipertexto.Info/Docuementos/Hipermedia.Htm](http://Hipertexto.Info/Docuementos/Hipermedia.Htm)

[En Línea] Lázaro Lorente, Luis Miguel (1997) *Enredados En La Red: Internet Como Fuente En La Investigación En Educación Comparada*; Revista Española De Educación Comparada, Issn 1137-8654, N° 3, 1997 , Pags. 83-106

[En Línea] Maldonado Valencia, María Alejandra (2008) *Perspectivas, Ventajas Y Requisitos Del Aprendizaje Significativo*. Recuperado noviembre 2009. Disponible En:[Http://Www.Espaciologopedico.Com/Articulos2.Php?Id_Articulo=241](http://Www.Espaciologopedico.Com/Articulos2.Php?Id_Articulo=241)

[En Línea] Manchón, Eduardo. (2006) *Donald Norman O La Relación Entre La Psicología Cognitiva Y El Diseño De Interfaces*. Alzado.Org, Recuperado octubre 2006. Disponible en: [Http://Www.Alzado.Org/Articulo.Php?Id_Art=147](http://Www.Alzado.Org/Articulo.Php?Id_Art=147)

[En Línea] Manero Iglesias; Borja (2003) *Estudio De La Propuesta Ims De Estandarización De Enseñanza Asistida Por Computadora*. Informe Técnico, Departamento De Sistemas Informáticos Y Programación. Universidad Complutense De Madrid, España. Recuperado septiembre 2009. Disponible en: [Http://Www.Fdi.Ucm.Es/Profesor/Borja/Informe%20tecnico.Pdf](http://Www.Fdi.Ucm.Es/Profesor/Borja/Informe%20tecnico.Pdf)

[En Línea] Martínez Luís ;Herrera Carol; Valle Judith; Vásquez Marta (2003) *Memoria De Trabajo Fonológica En Preescolares Con Trastorno Específico Del Lenguaje Expresivo*, Universidad De Chile, Psykhe, 2003, Vol.12, N° 2, 153-162, Copyright 2003 By Psykhe, Issn 0717-0297. Recuperado septiembre 2009, Disponible en: [Http://Mtl.Fonoaud.Utalca.Cl/Docs/Documentos/Lmartinez/Psykhe_Tel_2003.Pdf](http://Mtl.Fonoaud.Utalca.Cl/Docs/Documentos/Lmartinez/Psykhe_Tel_2003.Pdf)

[En Línea] Martínezs. José Manuel; Hiler. G. José Ramón. (2006) *Modelado De Documentación Multimedia E Hipermedia*. Recuperado Noviembre 8, 2006. Disponible En: [Http://Www.Ucm.Es/Info/Multidoc/Multidoc/Revista/Cuad-7/Armulti.Htm](http://Www.Ucm.Es/Info/Multidoc/Multidoc/Revista/Cuad-7/Armulti.Htm)

[En Línea] Montero, H. Yusef.(2002) *Diseño Hipermedia Centrado En El Usuario..* Grupo Ccimago. Universidad De Granada. España. Publicado Diciembre 1, 2002. Recuperado Noviembre 8, 2006. Disponible En: [Http://Nosolousabilidad.Com/Articulos/Hipermedia.Htm](http://Nosolousabilidad.Com/Articulos/Hipermedia.Htm)

[En Línea] Pérez, A. Tomás, Gutiérrez J. López R. Et Al, (2001) *Hipermedia, Adaptación, Constructivismo E Instructivismo. Inteligencia Artificial*. Revista Iberoamericana De Inteligencia Artificial. No. 12 Pp. 29-38 Recuperado Noviembre 8, 2006. Disponible En: [Http://Www.Aepia.Dsic.Upv.Es/](http://Www.Aepia.Dsic.Upv.Es/)

[En Línea] Rodríguez Palmero, Ma. Luz (2004) *La Teoría Del Aprendizaje Significativo*. Centro De Educación A Distancia (C.E.A.D.). C/ Pedro Suárez Hdez, S/N. C.P. N° 38009, Santa Cruz De Tenerife. España. Recuperado enero 2010. Disponible en: [Http://Cmc.Ihmc.Us/Papers/Cmc2004-290.Pdf](http://Cmc.Ihmc.Us/Papers/Cmc2004-290.Pdf)

[En Línea] San Martín, Alonso (2005) *La Digitalización De La Enseñanza O El Sueño Del Aprendiz Electrónico*, Teoría De La Educación, Issn 1130-3743, N° 17, 2005 , Pags. 157-184 Recuperado mayo 2010. Disponible en [Http://Dialnet.Unirioja.Es/Servlet/Articulo?Codigo=1312982](http://Dialnet.Unirioja.Es/Servlet/Articulo?Codigo=1312982)

[En Línea] Peirats, José; Sales, Cristina; San Martín Angel (2009) Un "Portátil Por Estudiante" Como Argumento De Disputa Política En La Sociedad Digital, Localización: Educatio Siglo Xxi: Revista De La Facultad De Educación, Issn 1699-2105, N°. 27, 2, 2009 (Ejemplar Dedicado A: La Escuela En La Sociedad Digital), Pags. 53-69 Recuperado mayo 2010. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3114444>

[En Línea] Soria Aznar ,Marisol; Jiménez, Ignacio; Fanlo; Ana Julia; Escanero Marcen, Jesús Fernando. (2006) El Mapa Conceptual: Una Nueva Herramienta De Trabajo. Diseño De Una Práctica Para Fisiología, Dep. Farmacología Y Fisiología. Facultad De Ciencias De La Salud Y El Deporte, Universidad De Huesca Y Dep. Farmacología Y Fisiología. Facultad De Medicina, Universidad De Zaragoza. España. En:[Http://Www.Unizar.Es/Eees/Innovacion06/Comunic_Publi/Bloque_Iv/Cap_Iv_5.Pdf](http://Www.Unizar.Es/Eees/Innovacion06/Comunic_Publi/Bloque_Iv/Cap_Iv_5.Pdf)

[En Línea] Universidad Inca Gracilazo De La Vega (2006) *Cognoscitivismo*, Instituto De Capacitación Docente, Perú. Recuperado mayo 2010. Disponible en: [Http://Www.Humanresearchgroup.Org/Materiales_Y_Recursos/Icd%20016-05%20cognoscitivismo.Pdf](http://Www.Humanresearchgroup.Org/Materiales_Y_Recursos/Icd%20016-05%20cognoscitivismo.Pdf)

¹ Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey Campus Estado de México; México. lopezclau@itesm.mx

² Los subsunsores son los conocimientos previos existentes en la estructura cognitiva, mismos que permiten que se relacionen los conocimientos nuevos con los que ya existían previamente; dando de esta manera paso al proceso de asimilación y acomodación. Funcionan como “anclas” de los nuevos conocimientos adquiridos permitiendo que éstos se conviertan en significativos, ya que se establece la relación de significancia por la relación con los conocimientos previos.

³ Se entiende como registro háptico a todos aquellos estímulos que no corresponden con los anteriores. Es decir, los táctiles, olfativos y en un término más amplio a todos los que tienen que ver con la percepción del entorno sin considerar los visual o auditivo. (Carter y Fourney, 2005; Ballesteros, 1993)

⁴ Plasticidad neuronal, cambio en la sintonización de las neuronas para responder al medio ambiente del sujeto, que puede ser la orientación, o Greebles; que ocurren durante la vida del individuo conforme a que este esté expuesto a los estímulos del ambiente. (Goldstein, 2005: 216)

⁵ Reflectancia entendida como el porcentaje de la luz que los cuerpos reflejan contra la longitud de onda. (Goldstein, 2005: 187)

⁶ José Luis Caivano, ha sido presidente de la Asociación Argentina del Color, la Asociación Internacional del Color y dirige el Programa De Investigación Color, Luz Y Semiótica Visual, Secretaría de Investigaciones, Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad de Buenos Aires

⁷ Fundador del movimiento que representa la corriente de visualización de la información y que ha publicado de forma independiente por lo menos 5 libros sobre el tema.

y P