

0026/2ej-5



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE ARTES PLASTICAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN
EL COLOR

FENOMENOS FISICO, FISIOLOGICO Y PSICOLOGICO

INVESTIGACION Y ELABORACION DE

T E S I S

que para obtener el grado de
MAESTRIA EN ARTES VISUALES-PINTURA

p r e s e n t a

RAFAEL ROJANO MARTINEZ

MEXICO, D.F.

1992



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Indice

Introducción	1
CAPITULO I	
Antecedentes	5
CAPITULO II	
<u>FENOMENO FISICO</u>	
1. La luz.	16
1.1. Características de la luz.	
2. Descomposición de la luz.	20
2.1. Espectro de la luz.	
3. Propiedades de los cuerpos de absorber y reflejar la luz.	22
4. Color luz.	23
4.1. Colores primarios.	
4.2. Colores secundarios.	
4.3. Colores complementarios.	
5. Leyes del color luz.	27
5.1. Síntesis aditiva.	
5.2. Síntesis sustractiva.	
6. Colores pigmento.	31
6.1. Colores pigmento primarios.	
6.2. Colores pigmento secundarios.	
6.3. Colores pigmento terciarios.	
6.4. Síntesis sustractiva.	
6.5. Mezcla de colores pigmento primarios con los colores complementarios.	
7. Color de los cuerpos.	34
7.1. Color local.	
7.2. Color ambiente.	
7.3. Color tonal.	
8. Factores que afectan el color de los cuerpos.	35
8.1. Color propio de la luz.	
8.2. Intensidad de la luz.	
8.3. La atmósfera interpuesta.	

CAPITULO III

FENOMENO FISIOLOGICO

1.	Aparato visual.	43
2.	Captación del color por el ojo.	46
	2.1. Los receptores del sistema visual.	
	2.2. La aberración cromática.	
3.	Procesos nerviosos de la visión.	52
	3.1. Inhibición lateral.	
4.	Ley de inducción de los complementarios.	58
	4.1. Contraste sucesivo.	
	4.2. Contraste simultáneo.	
	4.2.1. Ley de los contrastes simultáneos.	
5.	Contraste caliente-frío.	64
6.	Contraste cromático.	67
7.	Contraste acromático.	68
8.	Afectación en el cuerpo humano.	69

CAPITULO IV

FENOMENOS PSICOLÓGICOS

1.	Sensopercepción.	81
2.	Tests cromáticos.	86
3.	Constancia del color.	92
4.	Semántica cromática	94
5.	Otros efectos psicológicos.	99

CONCLUSIONES	102
--------------	-----

BIBLIOGRAFIA	104
--------------	-----

INTRODUCCION

La praxis artística requiere de un conocimiento más amplio del color, - lo mismo que la forma, por ser fundamento necesario para dar a la expresión - plástica la sustentación teórica que permita una dirección y soporte idóneo, - para lograr una comunicación más explícita entre el artista y el observador, - cobrando conciencia del efecto que produce la obra de arte. Da Vinci advirtió "del error de quienes ejercen la praxis (artística) sin ciencia" (1); y Küppers comenta que "Toda praxis debe estar fundamentada siempre en una buena - teoría". (2)

"El color es el compañero más constante, inevitable y omnipresente que usted tendrá en toda la vida... No puede existir sin el color: toda vida, toda cosa animada o inanimada lo poseen, ya sea que usted lo vea, o tenga o no tenga conciencia de él. Sus horas de vigilia, son un desfile de colores que usted advierte pocas veces, pues los hábitos embotan los sentidos". En estos términos opina al respecto Ray Rebbehan, camarógrafo de Paramount Technicolor Hollywood.

De la información que recibe el ser humano, el 80% es de carácter visual y de este porcentaje el 40% es referido al color, mostrando por tanto la importancia indiscutible que representa. Produce sensaciones visuales que el ser humano percibe, analiza, codifica en su quehacer cotidiano o bien para manifestar o producir estados anímicos, efectos físicos y fisiológicos.

Existen dos tendencias sobre si el artista debe o no profundizar el conocimiento del color, su teoría y el análisis de los efectos fisiológicos y psicológicos que produce mediante la obra.

A) Los que están en contra, indican que no es necesario el conocimiento del color, pues consideran que toda creación artística es un acto emocional - basado únicamente en la intuición y que el ampliar sus conocimientos sobre el color afectaría la espontaneidad de sus expresiones artísticas.

B) A favor encontramos quienes opinan que la intuición no es base suficiente, por lo que consideran que se requiere de un conocimiento teórico y - técnico válido, para que combinándolo con la práctica pictórica y la intuición permita al artista transmitir su información plástica con mayor amplitud y minimice los errores en su ejecución, y dando por consecuencia una expresión estética más amplia, clara y consciente de los efectos que va a producir en el observador.

Vassily Kandinsky al respecto dice: "En el arte todo es cuestión de intuición, especialmente en sus inicios. Lo artísticamente verdadero sólo se al

canza por la intuición y más aún cuando se inicia un camino. Aunque en la construcción general pueda intervenir la teoría pura, el elemento que constituye la verdadera esencia de la creación no se crea ni se encuentra a través de la teoría; es la intuición quien da vida a la creación...".(4)

Pero el mismo Kandinsky acota: "Schönberg presiente claramente que la libertad total, medio en el que ha de desenvolverse el Arte, no puede ser absoluta". (5)

Por lo expuesto, podemos anticipar que la intuición sola no basta, sino que debe ser soportada por el conocimiento técnico del color, asentándose así la necesidad de ampliar los conocimientos del color y sus efectos cuando se plasma en la obra de arte concreta.

INTRODUCCION

- (1) Da Vinci, Leonardo. Tratado de Pintura. Madrid, Ed.Nacional, 1982. -- Págs. 99.
- Küppers, Harold. Fundamentos de la Teoría de los Colores. Barcelona, G.-Gili, 1980. págs.10.
- (2) Küppers, Harold. Op.cit. págs.10
- (3) Roberts, Reginald. Psicología del Color. México, Yug, 1989, págs.43
- (4) Kandinsky, Vassily. De lo Espiritual en el Arte, México, Premid, 1988, - págs.62
- (5) Kandinsky, Vassily. Op.cit. págs.33

C A P I T U L O I

A N T E C E D E N T E S

La inquietud innata del hombre por entender los fenómenos físicos, fisiológicos y psicológicos, ha hecho que busque su explicación a través de la observación e investigación en todas las ramas del saber y de la experiencia. Es así, que la curiosidad sobre la luz, su origen, composición, su medio de transmisión y sus efectos, le ha intrigado desde épocas muy remotas, a pesar de que no era inicialmente considerada como la causal del color.

A continuación se transcriben citas de los personajes que contribuyeron de alguna forma al progresivo conocimiento sobre la luz y el color. Son citas necesariamente breves.

Aristóteles, 384-322 A.C. Suponía que todo color era una mezcla del blanco y negro y que lo oscuro tenía su origen en la incidencia de la luz sobre los cuerpos, puesto que toda reflexión atenúa la luz. (1)

Lucio Anneo Séneca, 4-65 D.C. Este filósofo griego, hizo un experimento con una varilla estriada o repujada, que recibía los rayos solares, presentaba los mismos colores y secuencia que el arco iris. (2)

Leonardo Da Vinci, 1452-1519. Pintor, dibujante, escultor, ingeniero e inventor italiano. Elaboró teorías científicas sobre óptica geométrica, perspectiva, de la anatomía, de las sombras y un tratado de pintura, donde estudia el color, la refracción, la reflexión. Para él son ocho los colores elementales: negro, blanco, azul, amarillo, verde, leonino u ocre, color de la mora y el rojo; y postuló que existen más colores naturales.

Se interesó en la mecánica del equilibrio y del movimiento de los cuerpos, mecánica de los sólidos y de los fluidos, estática dinámica, física, botánica, anatomía, geología y biología. (3)

Galileo Galilei, 1564-1642. Intentó medir la velocidad de la luz. Consideraba que la luz se transmitía inmediatamente, sin considerar el tiempo que emplea en su movimiento.

Johannes Kepler, 1571-1630. Astrónomo alemán. En 1611 publica Dioptrica, su estudio sobre óptica. Experimentó con un prisma de cristal, el cual era atravesado por un haz de luz en una cámara oscura, obteniendo así la dispersión de la luz. (4)

René Descartes, 1596-1650. Filósofo y matemático francés. Descubre la ley de refracción de los rayos luminosos. Publica su obra Dioptrique en 1637. Indica que los colores se producen por los glóbulos de los elementos de la luz, que

giran sobre sí mismos, con tendencia al movimiento en línea recta; y supuso que sus diferentes giros son los que generan los diversos colores. (5)

Roberto Hooke, 1635-1703. En 1607 expone los principios de la Teoría Ondulatoria de la luz, originada por la perturbación vibratoria, que procede del interior del cuerpo emisor de luz y se propaga en forma de ondas.

Postula esta teoría después de descubrir el fenómeno de la difracción, que es cuando la luz bordea los objetos opacos, al hacer que los contornos o perfiles parezcan iluminados en lugar de aparecer oscuros.

Marco Antonio De Dominis, 1611. Jesuita dalmata. En su Tratado describe un experimento similar al del prisma de Newton. (6)

Abbé Edme Mariotte, 1620-1684. Físico francés. Detractor de la teoría de Newton y descubridor del punto ciego en el ojo.

Teofasto Renaudot, 1634. Francés. Director de los Boletines de las Sociedades Sabias, La Gazette de Francia y Centurias o colección general de las cuestiones tratadas en las conferencias sobre toda clase de materias, dictadas por los más grandes espíritus de aquel tiempo. El 31 de julio de 1634 publicó su artículo sobre el problema de los colores bajo el título: "Si los colores son reales". (7)

Issac Newton, 1642-1727. Explicó el experimento de Kepler. En 1666 hace caer un haz de luz solar, que sale de la hendidura de una cámara oscura, sobre la cara de un prisma, observó que el haz de luz se desvía y se descompone, proyectando sobre una pantalla una imagen rectangular alargada los colores del arco iris. Diole Newton el nombre de "Espectro de la luz Blanca", a esta proyección y al fenómeno de la descomposición de la luz "Dispersión". El orden de los colores siempre era el mismo, iniciándose por el rojo, después naranja, amarillo, verde, cian, azul y al último el violeta.

También realizó otros experimentos y denominó los Anillos de Newton con la finalidad de explicar las irisaciones que se observan sobre una delgada capa de aceite o en una pompa de jabón, donde se observa un orden diferente al del experimento del prisma. Para esto junta dos lentes ligeramente convexas con aceite entre ambas, con lo que obtiene unos anillos coloreados en el mismo orden que las pompas de jabón y una marca oscura pero transparente en el centro.

Logró recomponer la luz por medio del disco de Newton, donde colocó sobre un disco rotativo los colores más similares a los del arco iris en las

proporciones a las áreas ocupadas en el espectro del prisma. Al girar el disco recompone la luz blanca. Esto se conoce como síntesis de la luz. Para comprobarlo interpuso otro prisma invertido al primer prisma, para lograr así recomponer la luz blanca. Así concluye: "todos los espectros están formados por la acción de la luz sobre objetos transparentes, tales como piezas de vidrio y gotas de agua, comportándose todos ellos como prismas en miniatura." (8)

Construyó el primer telescopio de reflexión; estudio la reflexión, refracción, dispersión; rechazó la teoría sobre la luz de Huygens y se imaginó que se trata de una sucesión de corpúsculos que se propagan en línea recta y son emitidos por los cuerpos luminosos.

Apoyó la primera teoría corpuscular de la luz a fines del siglo XVII, que indicaba que estas partículas corpusculares partían de la fuente de la luz que viajan a gran velocidad hasta llegar al ojo para estimular su visión.

En 1704 aparece su libro Optiks, en el cual repite que los colores son producidos por diferentes corpúsculos, hipótesis errónea, pues enfrenta el problema de la difracción sin poderla explicar.

Olaus Roemer, 1676. Astrónomo holandés. Intentó hacer las primeras mediciones de la luz. Se basó en las irregularidades de los eclipses que se predecían para una de las lunas del planeta Júpiter. Calcula la velocidad de la luz en 140,000 millas/seg. (ó 3.1×10^{10} cms/seg.), que es una cifra cercana a la aceptada actualmente de 2.99×10^{10} cms/seg.

Christian Huygens, 1629-1695. Matemático y científico holandés. En 1678 desarrolló la segunda teoría ondulatoria de la luz. Indicó que la luz se transmite en forma similar a las ondas producidas por una piedra al caer en el agua. En 1690 da a conocer su Traité de la Lumière.

Johann Heinrich Lambert, 1728-1777. Científico y filósofo alemán. En física se dedicó a la fotometría, sus estudios los publicó en su obra "Photometria sive de mensura et gradibus luminis, colorum et umbræ" (1760). (la fotometría sirve para medir los grados de luz de los colores y las sombras).

Sir Benjamín Thompson. Conde de Rumford, 1753-1814. Físico y químico norteamericano; fue el primero en afirmar en 1797, en el Nicolson Journal, que los colores sólo eran armoniosos cuando su mezcla daba el color blanco. Como físico se basaba en el estudio del espectro electromagnético..

Ogden Rood, siglo XIX. Demostró con sus linternas mágicas, que proyectaban determinadas luces de colores sobre una pantalla donde se fundían dando el color blanco si eran utilizadas en la proporción debida. Descubre la síntesis aditiva de la luz. (9)

Thomas Young, 1773-1829. Comprueba la validez de la teoría ondulatoria de la luz: "Si la luz está formada por ondas y éstas vibran sincronizadamente, tenderán a reforzarse entre sí, en cambio, las que vibran fuera de fase, en el mismo sentido y mismo instante, pero en direcciones opuestas, tenderán a anularse unas a otras. (10)

En 1801 formuló la teoría tricromática de los colores; según su hipótesis, en la retina existen elementos de tres especies, sensibles al azul, rojo y verde-amarillo.

Prueba que la luz tiene propiedades semejantes a otras radiaciones - - electromagnéticas y cada color representa una longitud de onda.

En 1807 demuestra que las radiaciones primarias del espectro luminoso son: el rojo-anaranjado, el verde y el azul violetáceo, considerándolos absolutos o primarios, porque no se pueden obtener por ninguna mezcla.

William Herschel, Hacia 1800 comprueba que los colores tienen una temperatura diferente, que va de la más alta en el color rojo a la más baja en el violeta. Encuentra que hay una temperatura superior más allá de la banda del color rojo, donde no es visible ningún color por el ojo humano. Si son una energía radiante invisible más allá de los rayos cromáticos visibles, estas radiaciones tienen longitudes de onda mayores a las de la luz roja. Son conocidas ahora como de radiación térmica u ondas infrarrojas con longitud de onda entre 0.5 y 1.000 ($1=10^{-3}$). (11)

Johann Wilhelm Ritter, 1776-1810. Hacia el año 1801 tanto Ritter como - - Wollaston, independientemente, prueban la existencia de rayos más allá del extremo violeta del espectro cromático, es decir, rayos ultravioleta que se producen cuando la reacción química del cloruro de plata reacciona a la luz con mayor fuerza que la banda visible de la luz violeta. Estas investigaciones establecen que existen radiaciones invisibles, de longitud de onda más corta que la de la luz violeta y que tanto la luz violeta como los rayos ultravioleta se podían reflejar, refractar, polarizar y hacer interferir con otros rayos de luz, del mismo modo que se podía con los rayos visibles. Construye además una pila galvánica.

Philipp Otto Runge, 1777-1810. Pintor alemán. De 1801-04 son sus escritos teóricos sobre el valor de los colores y en 1810 en Dresden publica su Tratado del Color, con la esfera de los colores como forma simbólica elemental.

J. Wolfgang Goethe, 1749-1832. Físico, químico, dramaturgo, poeta, novelista y filósofo alemán, se opone rotundamente a las conclusiones de Newton, "cuya teoría de los colores se condensa en el principio básico de que todos los colores existen en la luz blanca del rayo del sol y se producen y manifiestan al descomponerse aquel en el espectro, en razón a su mayor o menor refrangibilidad. Contra esa teoría formula Goethe la suya de que los colores no se originan de la diferencia de refrangibilidad de los rayos solares, sino de su choque con la sombra y de que los colores son seniluces o sensombras" - sic(12) El acierto de Goethe fué que sostuvo que los rayos de luz no son color, sino sólo una sensación del color; pero nunca pudo demostrar lo que él llamó el error de Newton. En 1810 publica el primer cuaderno de los dos en donde expone sus experimentos, titulados Contribuciones a la Óptica, de los cuales surge el esbozo de una Teoría de los Colores, para culminar con su obra Teoría de los colores (dos tomos, 1831).

Arthur Schopenhauer, 1788-1860. Filósofo alemán, "propuso que los pares de colores complementarios se producen por biparticiones cualitativas de la función retiniana." (13) dando la siguiente escala:

Verde=1/2	Rojo=1/2	Azul=1/3	Anaranjado=2/3
Violeta=1/4	Amarillo=3/4	Negro=0	Blanco=1

A pesar de esta correcta escala, no fué capaz de ofrecer siquiera el germen de una teoría fisiológica. En 1815-16 publicó sus trabajos bajo el título "Das Sehen und die Farben" (14) ó Farbenlehre (Teoría de los Colores) que apoya la posición de Newton.

John Tyndall, 1820-1893. Físico holandés. Hizo estudios sobre óptica. El efecto Tyndall se presenta cuando un haz de rayos luminosos paralelos atraviesa un medio heterogéneo translúcido (leche diluida, atmósfera, etc.); sucede que la polarización es casi completa para la luz que se difunde en la dirección perpendicular a la del haz, pero es parcial en las demás direcciones. Según esto, el color de las suspensiones es distinto según se los observe por transparencia o por refracción de la luz a su través.

Hermann Von Helmholtz, 1821-1894. Filósofo y físico alemán, apoyó la teoría

tricomática de Young. Autor de las primeras teorías sobre la energía estelar, estudió las leyes de la electrólisis, consideró que la electricidad estaba formada por partículas cargadas eléctricamente; hizo estudios sobre fisiología de los sentidos y las leyes de percepción del espacio, su obra sobre óptica la desarrolló de 1856-66, titulada Handbuch der Physiologischen Optik.

Gustav Robert Kirchhoff, 1824-1887. Físico alemán, hizo el análisis espectral de la luz y formuló la ley fundamental sobre la emisión y la absorción de la radiación.

Ewald Hering, 1870. Psicólogo y fisiólogo alemán. Consideraba la teoría tricromática (azul, verde y rojo) de Young-Helmholtz en directa contradicción con la experiencia visual real. Formuló la teoría de los procesos opuestos, en la que consideraba fundamentalmente que cuatro colores funcionaban por pares: azul-amarillo, blanco-verde e incluye un tercer par (blanco y negro, a los cuales llama receptores, los que funcionan por pares de colores. Según esta teoría, la actividad de los receptores ocurría después de que las sustancias de éstos habían absorbido la luz.

Dió una explicación simplista al efecto del contraste sucesivo o postimagen negativa, pues explica que cuando se retira un estímulo de la vista, por ejemplo el rojo, el proceso contrario crea la sensación de verde. (15)

Agustín Fresnel, 1788-1827. Físico francés. Completó las investigaciones de Young sobre la difracción de la luz, demostró que la teoría ondulatoria de Newton de la emisión de la luz no explicaba los fenómenos de interferencia y difracción, que se conocían en aquel tiempo y que eran perfectamente demostrables. Sin embargo con su teoría demuestra que Newton tenía razón sobre la naturaleza ondulatoria de la luz.

Etienne-Louis Malus, 1775-1812. Físico francés, descubrió en 1808 el fenómeno de la polarización, con lo cual se reafirmó así la teoría ondulatoria de la luz.

Michele Eugene Chevreul, 1786-1859. Químico, científico, y colorista francés, fue el primero en hacer una investigación científica sobre la interacción del color relacionada con los textiles. Entre 1835 y 39 publicó el tratado: Los Principios de la Armonía y el Contraste de los Colores, donde incluye las leyes del contraste simultáneo, que sirven de base científica a los impresionistas y neoimpresionistas.

James Clark Maxwell, 1831-1879. Físico, matemático inglés. Autor de las teorías en 1864 sobre el electromagnetismo de la luz, estableció la relación entre la óptica y la electricidad, afirma que la luz consiste en ondas electromagnéticas de cierta longitud de onda, hipótesis que definitivamente es verificada por Hertz (1857-1894). Redescubrió la teoría tricromática de Young, empleó discos coloreados y la caja con rendijas para los colores del espectro: rojo, verde y violeta, que al mezclarlos obtiene el resto de los colores del espectro. (16) La fotografía moderna se basa en sus experimentos realizados en 1860.

Albert A. Michelson, 1852-1931. Físico estadounidense. Hizo mediciones de la luz más exactas, indicó que la velocidad de la luz es de 2.997×10^8 m/seg. (2.99×10^{10} cms/seg). La velocidad aceptada actualmente es de 300,000 Km/seg.

Así, demuestra la invariabilidad de la velocidad de la luz, respecto de todo observador situado en un sistema inercial. Además, esto contradice la ley de la composición de velocidades de Galileo y las teorías de Newton. Construyó el Interferómetro en 1893, para comprobar que el movimiento de la tierra alrededor del sol no influye sobre la velocidad de la luz. El interferómetro es un aparato que se basa en las interferencias entre dos rayos sincrónicos de luz, con el cual se demostró en 1887 la NO existencia del éter, lo que le sirve de base a Einstein en 1905 para formular la Teoría de la Relatividad, basada en la constancia de la velocidad de la luz.

El sistema Michelson es un método que se utiliza para la medición de la luz.

Heinrich Hertz, 1857-1894. Físico alemán. Confirmó la teoría de Maxwell, descubrió las ondas radioeléctricas, que llevan su nombre, utilizadas en la transmisión a distancia de sonidos e imágenes.

Demostró que estas ondas electromagnéticas, que pertenecen al espectro electromagnético, tienen las mismas propiedades que las ondas de luz visible.

Descubrió una relación íntima entre los fenómenos eléctricos y los ópticos. Descubrió el efecto fotoeléctrico.

En 1892 observó como un haz de rayos catódicos podía atravesar una hoja metálica delgada y afirmó que las ondas luminosas son ondas electromagnéticas.

Conrad Von Röntgen, 1855-1923. Físico alemán, descubrió los rayos X, su reflexión, refracción y difracción.

Max Planck, 1858-1947. Físico alemán, creador de la Teoría de los "Cuantos". En 1905 intentó explicar el espectro de la emisión de la radiación térmica (no explicada a la fecha).

La hipótesis en que se apoya la Ley de Planck está en la forma en que la radiación electromagnética se emite, la cual no es en forma continua, sino en "paquetes" individuales de energía llamados "cuantos".

Afirmó que la energía de radiación, al igual que la de la materia, tiene una estructura discontinua. Esta teoría representa la base de toda la física moderna.

Calculó la energía que requiere un electrón para cambiar de órbita transformándose en fotón. Cada cuanto de luz provoca la liberación de un electrón.

Definió la constante universal de la mecánica cuántica conocida como Constante de Planck. Relacionó la energía de un fotón y su frecuencia.

Max Von Laue, 1879-1960. Físico alemán, estudió la difracción de los Rayos Röntgen (Rayos X) en los cristales, conoció su naturaleza y longitud de onda. Determinó la estructura reticular de los cristales.

Albert Einstein, 1879-1955. Físico, matemático judío alemán, publicó en 1905, gracias a la hipótesis cuántica de Planck dos trabajos: La Teoría de la Relatividad y La Interpretación Cuántica del Efecto Fotoeléctrico, donde cita que la emisión de los electrones es provocada por la acción de una radiación electromagnética, cuando la luz choca contra una superficie metálica sensible, se provoca un desprendimiento de electrones llamados fotones. Atribuye naturaleza de corpúsculos a la misma radiación, o indica que la velocidad de la luz es la máxima y no puede ser superada, además señala que la dirección de la luz (rayos luminosos) es desviada por el campo gravitatorio de los astros.

Wilhelm Ostwald, 1853-1922. Filósofo, físico y químico alemán, entre 1914-18 publicó una nueva teoría del color.

Utiliza los conocimientos del fisiólogo Gustave Fechner sobre los problemas del color y establece reglas exactas para producir una escala de grises. Con adición de estos grises podía oscurecerse los colores en una forma regular y cuantificable. Su teoría fue muy atacada por la Escuela Bauhaus.

Demostro que para crear una escala de grises que van oscureciéndose uniformemente no es suficiente incrementar el porcentaje de gris en proporciones simplemente aritméticas: uno, dos, tres, etc. En una escala de cinco grises, el primer valor de absorción de cada rectángulo gris va en proporciones geométricas: uno, dos, cuatro, ocho, dieciseis. (17)

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CAPITULO I: ANTECEDENTES

- (1) El Gran Libro del Color. Barcelona, Blume, 1982. pág.12.
- (2) Maurice Dérivière. El Color. México, Diana, 1967. pág.32 y también Frealbrik Malins. Como Mirar un Cuadro. Barcelona, Blume, 1983. pág.96.
- (3) Leonardo Da Vinci. Tratado de Pintura. Madrid, Ed.Nacional, 1982.
- (4) Maurice Dérivière. Op.Cit. pág.32.
- (5) Maurice Dérivière. Ibid. pág.27.
- (6) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.14.
- (7) Maurice Dérivière. Op.Cit. pág.27.
- (8) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.14.
- (9) Frealbrick, Malins. Op.Cit. pág.96.
- (10) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.15.
- (11) Reginald Roberts. Psicología del Color. México, Yug.1989. pág.11.
- (12) J.Wolfgang Goethe. Obras Completas. Tomo 1, Teoría del Color. Buenos Aires, Poseidón, 1945. pág.432.
- (13) Rudolf Arnheim. Arte y Percepción Visual. México, Alianza, 1985. págs. - 372-373.
- (14) Johannes Itten. Arte del Color. Paris, Bouret, 1975. pág.11.
- (15) Conrad G. Muller y Mae Rudolph. Luz y Visión. EUA, Time Inc. 1969 - págs. 122-123.
- (16) Maurice Dérivière. Op.Cit. pág.71.
- (17) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.95.

C A P I T U L O I I

F E N O M E N O

F I S I C O

1. LA LUZ

" y dijo Dios: Sea la luz, y fué la luz/
y vió Dios que la luz era buena;
y separó Dios a la luz de las tinieblas!
y llamó Dios a la luz Día,
y a las tinieblas llamó Noche..." Génesis 1, 3-5

La luz es la energía que surge del Sol, que en forma de ondas electro-magnéticas viaja a través del Éter a una velocidad aproximada de 300,000 - - Kms/seg. (1) sin que pierda su fuerza; es una manifestación de la energía que se encuentra en el núcleo del Sol y que hace que los planetas giren en torno suyo, como sucede con los electrones que giran en torno al núcleo del átomo.

La luz es una de las radiaciones electromagnéticas que emanan del Sol, entre las cuales encontramos de acuerdo con sus distintas longitudes de onda: los rayos infrarrojos, rayos X, rayos cósmicos, rayos gamma, rayos beta, rayos ultravioleta, etc.

La luz visible es una energía que consiste en vibraciones electromagnéticas, cuya longitud de onda se mide en milésimas de centímetros, no así las ondas sonoras de radio que se miden en cientos de metros. El ojo humano sólo es capaz de percibir las longitudes de onda que están entre los 350 nm, la luz violeta y los 780 nm la luz roja (2), que es el rango de las ondas de luz visible, considerada como luz blanca. Dentro de este rango existen diversas longitudes de onda, cada una de las cuales corresponde a un color en particular.

Para Derribé "la luz es el conjunto de las radiaciones electromagnéticas para la cual son sensibles los ojos humanos." (3)

La luz visible representa una de las sesenta octavas de radiación electromagnética, que constituyen el espectro electromagnético conocido, siendo la única percibida por el ser humano, el resto comprende fenómenos naturales imperceptibles a la vista. (4) J. Clark Maxwell, físico escocés, afirmaba lo anterior, pero indica que no todas las radiaciones emanadas del Sol y que pertenecen al espectro electromagnético, penetran a la Tierra porque son filtradas por la atmósfera. (5)

ESPECTRO DE ONDAS ELECTROMAGNETICAS y SUS LONGITUDES DE ONDA: (a)

Ondas de radio	0,1 mm (a)	!0 Km
Radiaciones térmicas	700 mm	0,1 mm

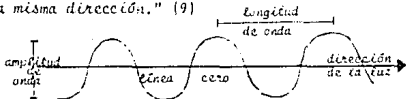
<u>Radiaciones visibles</u>	400 nm	700 nm
Rayos X	10^2 nm	10 nm
Radiaciones Ultravioleta	10 nm	400 nm
Rayos gamma	10^4 nm	10^2 nm

Muestra el cuadro anterior que las radiaciones visibles ocupan sólo una pequeña parte del espectro electromagnético, que el ser humano codifica como luz blanca.

"La última teoría expuesta por la ciencia, sostiene que aparte de los siete colores de la luz visible, hay otros cuarenta y dos arriba del extremo ultravioleta del espectro, los cuales tienen una longitud de onda aún más corta y una frecuencia aún más alta; todavía no han sido estudiados." (6)

La luz visible al igual que las otras ondas electromagnéticas, se irradian desde su fuente a todas direcciones, con una longitud de onda medida en millonésimas de metro. La longitud de onda es la distancia entre dos crestas o senos de la onda que recorre en un ciclo de vibraciones. (7)

"La frecuencia es el número de ondas que pasan por un punto determinado a cada segundo" (8), es decir es "el espacio de tiempo entre ondas de luz sucesivas en la misma dirección." (9)



"La energía o intensidad de una onda es proporcional a la amplitud entre cresta o seno o una línea cero o central. Una onda es monocromática y saturada, mientras que la luz blanca es una mezcla de muchas longitudes de onda." (10)

La radiación electromagnética no sólo es luz y color, sino también calor y energía; como ejemplo tenemos al encender una parrilla eléctrica, al irse calentando la resistencia pasa del color rojo al naranja, al amarillo y por último al blanco; representando este último el máximo calor. Esto indica que las ondas de energía caloríficas, tienen frecuencias diferentes, que son captadas por el ojo, identificando un color por cada una de esas ondas. (11)

(a) La unidad de medida es: nanómetros (nm); $1\text{nm}=10^{-9}\text{M}$
 (metros)=0,000 000 001 M(metros); 1 m (milición)

1.1 CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ

- a). La luz es una energía radiada, cuya emisión consta de partículas llamadas fotones o cuantos, que se trasladan en forma ondulatoria.
- b). Su propagación es rectilínea, excepto cuando es desviada por la atracción de los campos gravitatorios de los astros u hoyos negros. Su velocidad es de 300,000 Kms/seg.
Leonardo Da Vinci dijo: "Yo pido me sea concedido afirmar que todos y cada uno de los rayos que atraviesan el aire y son de igual densidad se desplazan en línea recta desde su causa hasta el objeto o interferencia." (12)
- c). La refracción de la luz sucede cuando la dirección rectilínea de propagación de la luz cambia al penetrar a un medio transparente más denso que el que está atravesando, disminuye por esto su velocidad. (13)
"La desaceleración es más accentuada para el violeta-luz que para el amarillo o el rojo". (14)
Al atravesar la luz el agua disminuye su velocidad a 225,000 Kms/seg. - es decir se vuelve un 75% más lenta y en el vidrio un 66%, originando que el rayo de luz desvíe su dirección. (15) Si el rayo corta otro medio en sentido oblicuo, el rayo de luz se desvía en un ángulo proporcional al del corte. (16)
Leonardo Da Vinci confirmó por medio de especulaciones, que la óptica geométrica se reduce a una teoría general de los reflejos. (17)
- d). La dispersión de la luz ocurre cuando un rayo luminoso, al atravesar un prisma, rompe las diversas longitudes de onda por cada color que lo componen. (18)
Cuando la luz atraviesa una lámina de vidrio, se desvía al entrar en él y vuelve a desviarse al salir; ambas desviaciones se compensan mutuamente cuando las caras del vidrio son paralelas, es por esto que los objetos vistos a través de un vidrio no se distorsionan. (19)
- e). La difracción es la desviación de las ondas luminosas, (también sucede con las acústicas o radioeléctricas) cuando rozan la orilla de un cuerpo opaco, o sea, el bordear los obstáculos por la luz. (20) Esto se explica porque a veces el comportamiento de la luz es ondulatorio y en otras ocasiones es en forma de partículas.
- f). Thomas Young, físico inglés, demostró que la luz se comporta como una -

onda. Cuando las ondas vibran sincronizadamente se refuerzan entre sí, - en cambio, las que vibran fuera de fase en el mismo sitio y en el mismo instante, pero en dirección opuesta, tenderán a anularse una a otra. - (21)

El físico estudia la energía de las vibraciones electromagnéticas o naturaleza de los corpúsculos luminosos que originan la luz, las diferentes posibilidades de producir fenómenos de color, particularmente la descomposición de la luz blanca en los colores espectrales tras de su paso por un prisma, y el problema del color de los cuerpos, las mezclas de luces coloreadas, los espectros de diversos elementos, el número de vibraciones y la longitud de las ondas coloreadas, la medida y clasificación de los colores, así como los puntos mencionados anteriormente. (22)

Maurice Dérivière cita los siguientes ejemplos de fenómenos ópticos, - que cambian las características de la luz: (23)

Si a un cristal de sulfato de cobre, que es de color azul radiante, se le tritura, pierde su color, quedando sólo un polvo blanco. Esto es porque - se han cambiado los fenómenos luminosos de absorción y refracción.

Si colocamos bajo un microscopio electrónico, el ala de una mariposa - de color azul luminoso y puro, lo que se ve es una fina arquitectura de queratina transparente, donde el color azul ha desaparecido, al no existir las series de difracción y difracción de la luz blanca que dan la sensación del - azul.

"Las diferentes longitudes de onda de la luz con sus diferentes colores, se componen de fotones-cuantos-con diferente carga de energía; las que - se encuentran en la zona de las ondas cortas del espectro tienen más energía, y menos las de onda larga.

Cuando la luz incide sobre algún objeto, los fotones no se comportan - como ondas sino como partículas, algunas de las cuales son absorbidas, otras transmitidas y otras reflejadas." (24)

Conclusión.- La luz tiene una doble naturaleza: actúa como ondas de energía, con las características de las ondas electromagnéticas en cuanto a longitud, frecuencia y velocidad. Pero al mismo tiempo, estas ondas son portadoras de partículas de energía, llamadas fotones.

La luz está conformada por la unión de diversas ondas electromagnéticas.

2. DESCOMPOSICIÓN DE LA LUZ

En 1676, Issac Newton, al seguir el experimento de Kepler, logró descomponer la luz blanca en sus diferentes longitudes o dispersarla. Descubre que las ondas de longitud larga tienen menor desviación y las de longitud corta - mayor desviación; así encuentra la base para la formulación de las leyes de refracción.

Para lograr la descomposición de la luz, Newton se valió de un prisma a través del cual hizo pasar un haz de luz blanca, que descompuso en las longitudes de onda que provocan en el ser humano la sensación de siete colores diferentes; a esto se le define como DISPERSIÓN y forma el espectro de la luz visible. En este aspecto la longitud de onda que corresponde al color luz rojo, oscila entre 600 y 650 nanómetros, que es la más larga y la de menor frecuencia, por lo que se refracta menos; y conforme se va acortando la longitud de onda se tiñe del color luz naranja, amarillo, verde, azul, índigo (añil) y así sucesivamente hasta llegar al color luz violeta, que es de longitud más corta y con la frecuencia más elevada, por lo que es la más refractada del espectro oscilando entre 450 y 380 nanómetros.

La longitud de onda de un color luz entre más corta es, mayor tiende a ser su refracción. Esto sirvió de base para la formulación de las leyes de refracción.

2.1 ESPECTRO DE LA LUZ VISIBLE EN LONGITUDES DE ONDA DE CADA SENSACION DE COLOR LUZ.

	(25)	(26)	(26)
	<u>Angstrom</u>	<u>Rango de Onda</u>	<u>No. Vibraciones</u>
Rojos	7.6×10^3	800-650 mu	400-470 billones
Anaranjado	6.56×10^3	640-590 mu	470-520 "
Amarillo	5.89×10^3	580-550 mu	520-590 "
Verde	5.27×10^3	530-490 mu	590-650 "
Azul	4.86×10^3	480-460 mu	650-700 "
Añil		450-440 mu	700-760 "
Violeta	3.97×10^3	430-390 mu	760-800 "

1 micrón = 1 u = 1/1.000 mm

1 milicrón = 1 mu = 1/1.000 000 mm

1 mu = nm (nanómetro)

1 mu = 10^{-9} metros = 0.000 000 001 m

0.1 mu = 1 A (angstrom)

"Todos los espectros están formados por la acción de la luz sobre objetos transparentes, tales como piezas de vidrio y gotas de agua, comportándose todos ellos como prismas en miniatura". (27) Consiguientemente, la luz blanca está integrada por las diferentes longitudes de onda de los colores luz, que viajan a la misma velocidad en el aire, pero varían al atravesar un medio más denso como es el prisma, pues siguen un orden de acuerdo a sus velocidades decrecientes a través del vidrio. El rojo es el color que menos se desvía cuando atraviesa el prisma de cristal más rápido que los otros colores luz, que pasan a menor velocidad. Es por esta razón, que el orden de los colores luz que aparecen en el espectro, siempre conservan la misma sucesión.

Cabe hacer notar que al pasar un color luz del espectro a través de un prisma, no sufrirá ningún cambio al emerger, continuando el mismo color luz, lo que indica que no es factible descomponerlo.

3. PROPIEDADES DE LOS CUERPOS DE ABSORBER Y REFLEJAR LA LUZ.

sin luz todos los cuerpos son oscuros y carentes de color; pero según su composición molecular, "todo material posee una capacidad de remisión individual específica". [28] Esta remisión es "la información que llega al observador a través de la parte no absorbida de la luz, que el ojo registra como estímulo de color... la gama de color percibido es el resto de la luz que llega hasta el ojo humano." [29] A esta luz reflejada o remitida se le da el nombre de "Color del Cuerpo", porque efectivamente es lo que le da su color característico a la materia iluminada.

A la medida de la propiedad que tiene un objeto de reflejar la luz incidente, o sea: su luminosidad, se le denomina "Albedo". Por ejemplo cuando se dice que un objeto tiene un albedo de 0.85, esto indica que su luminosidad o la luz incidente que está reflejando es del 85%. Este porcentaje tan alto representa al color blanco puro, que se podría considerar como uno de los índices más altos de reflexión; por el contrario, un objeto de color negro tendría un albedo bajo, que sería de $0.14 = 14\%$, porque absorbería casi la totalidad de la luz incidente. En teoría, no existe un negro puro, dado que tendría un albedo de cero y por ende no sería factible verlo. [30]

La reflexión o albedo en los objetos, es constante sin importar la cantidad de luz incidente; pero el color de los cuerpos sí es variable de acuerdo a las condiciones de luz existentes y según la textura de su superficie, ya sea rugosa, lisa, granulada, etc.

4. COLOR LUZ

"En el mundo físico no existe el color. El mundo físico es incoloro. Está formado por materia incolora y energía incolora." (31) "Porque el color no es un fenómeno físico, sino fisiológico." (32)

"El término COLOR se emplea para describir una sensación recibida por el cerebro cuando la retina del ojo es estimulada por ciertas longitudes de onda luminosa.

Aunque tendemos a referirnos al COLOR como si fuera algo dotado de entidad propia, existirá tan sólo dado que es una sensación cuando haya alguien presente para experimentar tal sensación." (33)

Johannes Itten afirma que "Las ondas luminosas son en sí incoloras. El color nace únicamente en nuestro ojo o en nuestro cerebro". (34) En consecuencia, la ley fundamental de la Teoría de los Colores, es la que rige el funcionamiento del órgano de la vista. Todas las formas de origen, mezcla y sensación del color deben y pueden ser explicadas por medio de este principio general. (35)

El término "color luz" surge con la intención de diferenciar la sensación de color percibida directamente de una fuente luminosa, ya sea natural o artificial, como consecuencia de la refracción y dispersión de la luz blanca o por su filtración. De los "colores pigmentos", donde la sensación de color es provocada por las longitudes específicas que dan el color y que no son absorbidas por los pigmentos, o sea por las longitudes de onda que son reflejadas y captadas por el ojo humano provocándole la sensación de un color determinado.

Como se mencionó anteriormente el ojo sólo es capaz de percibir las ondas de longitudes que están en el rango de 400 a 750 micrómetros, independientemente de su fuente y de si son reflejadas por los cuerpos, separadas o mezcladas.

Newton demostró con su prisma que la luz blanca proveniente del sol, sensible al ojo humano, era la mezcla de ondas de diversas longitudes, causantes de diferentes sensaciones de color luz.

La luz pinta de color todos aquellos cuerpos u objetos sobre los cuales incide.

4.1 COLORES PRIMARIOS LUZ

El físico Thomas Young, en 1807, se basó en el descubrimiento accidental de Newton cuando logró dispersar la luz blanca en las longitudes de onda que el hombre percibe como sensaciones de color en la secuencia: rojo, naranja, amarillo, verde, cian, azul y violeta. Años más tarde, Young continuó sus investigaciones con linternas que proyectaban todos los colores del espectro, los que se unen en un sólo punto para recomponer la luz blanca. La mezcla es considerada como síntesis aditiva, que consiste en la suma de las longitudes de onda de los haces de luz proyectados (sin que afectara el hecho de que algunas ondas representaran colores más luminosos unos que otros), para obtener así la luz blanca con una luminosidad superior a la de cualquier color luz. A partir de este experimento, Young hace pruebas al combinar y eliminar los haces del espectro, con lo cual logra descubrir que la luz blanca y todos los colores del espectro pueden formarse con sólo tres colores: rojo-anaranjado, verde y azul-violetáceo, los que se consideran como colores primarios luz.

4.2 COLORES SECUNDARIOS LUZ

Son los colores luz que resultan de la combinación o mezcla de los colores primarios luz por parejas. Así, Young con sus lámparas logra obtener los colores restantes del espectro como sigue:

LUZ	+	LUZ	=	Colores Secundarios (36)
Verde	+	Rojo-Naranja	=	Amarillo
Azul-Violeta	+	Verde	=	Azul Cyan (A)
Rojo-Naranja	+	Azul-Violeta	=	Púrpura (B)

{A} Azul neutro de intensidad media, azul verde.

{B} Rojo acarminado o magenta o púrpura en artes gráficas de tonalidad media.

Al combinar dos haces de luz como el verde y el rojo, colores luz intensos-oscuros, lógico sería obtener un color de menor luminosidad; pero debemos considerar que se está tratando de la mezcla de dos colores luz, o sea, dos ondas luminosas que al mezclarse suman sus longitudes, dan como resultado forzosamente un COLOR LUZ MAS LUMINOSO y más claro que es el amarillo.

4.3 COLORES LUZ COMPLEMENTARIOS

Son los colores luz secundarios que son indispensables para integrar la luz blanca por síntesis aditiva, con un color luz primario. En el siguiente cuadro se explica esto:

COLORES PRIMARIOS LUZ:		COLORES SECUNDARIOS LUZ:
Azul-Violeta	su complementario es	AMARILLO
Rojo-Naranja	" " "	AZUL CYAN
Verde	" " "	PURPURA

Küppers dice: "Son complementarios todos aquellos estímulos de colores que complementan un código de tal forma que surja la sensación de color blanco." (37)

Al hacer la mezcla de los colores luz primarios verde, azul-violeta y rojo-naranja se reconstituye la luz blanca; por lo tanto, al mezclar un primario con su complementario secundario, que es la mezcla de los otros dos primarios que integran la luz blanca, el resultado será el blanco. Como se muestra en el cuadro siguiente:

PRIMARIOS	+	SECUNDARIOS	=
Verde	+	Magenta o púrpura (rojo-naranja)+(azul-violeta)	BLANCO
Azul-Violeta	+	Amarillo (verde)+(rojo-naranja)	BLANCO
Rojo-Naranja	+	Azul Cyan (azul-violeta)+(verde)	BLANCO

Para comprobar cuál es un color complementario, Itten, sugiere lo siguiente: si aislamos un color de la franja del espectro producida por un prisma, por ejemplo el verde, y por medio de una lente reunimos el resto de los colores luz de la franja del espectro (o sea, el rojo, anaranjado, amarillo, azul y violado), obtendremos un color luz mixto "ROJO"; dado que este color es el complementario del verde que hablamos aislado. (38)

Por lo que se puede concluir que cada color del espectro es complementario del color mixto compuesto por todos los demás.

5. LEYES DEL COLOR LUZ

5.1 SINTESIS ADITIVA DE LOS COLORES LUZ.

La síntesis aditiva de la luz consiste en que se reintegra a partir de las diversas longitudes de onda que la componen, las cuales el ser humano percibe como sensaciones de color. Al mezclar las diversas longitudes de onda que componen el espectro, se suman para producir la sensación de la luz blanca.

A partir del experimento del prisma de Newton, que logró la descomposición de la luz o dispersión, continúa sus investigaciones para lograr la recomposición de la luz, para lo cual realizó los siguientes experimentos ópticos: (39)

a) Experimento del disco de Newton: Sirvió para comprobar que la luz blanca se podía reintegrar.

Consiste en colocar los colores del espectro sobre la superficie de una circunferencia, en la misma proporción que guardan dentro del espectro. Al hacer girar la circunferencia a manera de disco, se logra la recomposición de la luz blanca por la superposición visual de los colores en la retina del observador. Küppers reconoce esta síntesis aditiva como mezcla rápida e indica que "se produce por el hecho de que el órgano de la vista trabaja con cierta lentitud. Cuando unos estímulos de color se siguen a intervalos muy breves, el ojo ya no es capaz de distinguirlos individualmente." (40)

b) Experimento de los prismas opuestos: Al colocar un segundo prisma invertido, en la trayectoria de los colores luz-ondas luminicas-, dispersadas por el primer prisma, las ondas luminicas que se refractan del segundo prisma, dan como resultado la luz blanca. (41)

c) Experimento de la lente convergente: Utiliza una lente convergente, la coloca después de un prisma que ha dispersado un haz de luz blanca, hace que converjan los haces de los diferentes colores ondas luminicas en dos focos distintos, pero poco alejados, haciendo que se mezclen y se confundan en cierto punto. Si se coloca una pantalla en este punto de convergencia, se percibe una luz blanca, mostrando la recomposición de la luz por medio de la síntesis aditiva. (42)

James C. Maxwell, desde 1865 inicia la publicación de sus investigaciones, entre ellas menciona el experimento del trompo con discos coloreados por rojo, verde, amarillo, azul, blanco y negro, con superficies regulables. De esta forma logra obtener cualquier color y así establece las bases prácticas

de la tricromía, confirmando la teoría de Young, misma que reafirma con su invento de la "Caja de Colores", donde combinó las luces del espectro correspondientes a las partes roja, verde y violeta, que surgían de una caja con rendijas en la cual se proyectaba el espectro de la luz blanca producido por un prisma. Maxwell demostró ampliamente con esto que podía obtener cualquier color sin las fallas que presentó su experimento del trompo (en este caso debido a que los discos no podían representar el color puro del espectro y por otro lado los resultados variaban según la luz incidente de que se disponía). (43)

Asimismo Ogden Rood, en el siglo XIX, confirmó la síntesis aditiva de los colores luz por medio de linternas que proyectaban haces de color rojo, verde y violeta. (44)

La teoría de Young indica que los tres colores fundamentales que él considera son el azul, verde y rojo; pues si sobreponemos los haces de luz de estos colores se obtiene por síntesis aditiva los siguientes resultados:

rojo	+	verde	=	Amarillo
verde	+	azul	=	Azul-verde (cyan)
azul	+	rojo	=	Violeta (magenta)

Si se superponen los tres colores en la proporción adecuada se obtiene por síntesis aditiva el blanco.

Heimholtz elaboró un cuadro que definía la luz cuya sensación se produce sobre el ojo por la mezcla de dos luces simples, e indica además los complementarios que, mezclados, dan el blanco. Su cuadro sigue a la fecha siendo exacto y clásico: (45).

SINTESIS ADITIVA - COLORES LUZ							
	VIOLETA	INDIGO	AZUL	VERDE-AZUL	VERDE	AMARILLO VERDE	AMARILLO
ROJO	púrpura	rosa oscuro	rosa claro	BLANCO	amarillo	amarillo oro	anaranjado
ANARANJADO	rosa oscuro	rosa claro	BLANCO	amarillo claro	amarillo	amarillo	
AMARILLO	rosa claro	BLANCO	verde claro	verde claro	amarillo verde		
AMARILLO-VERDE	BLANCO	verde claro	verde claro	verde			
VERDE-AZUL	azul	azul					

VERDE	azul claro	azul	azul- verde
AZUL	Índigo		

Cabe comentar que "la mezcla de los colores primarios luz (azul-violeta, verde y rojo-naranja) proporciona el blanco de la luz misma". (46)

"La luz colorea los cuerpos mediante síntesis aditiva." (47)

Si un objeto tiene la propiedad de absorber las ondas electromagnéticas del color primario luz azul, este reflejará un color amarillo, por la síntesis aditiva de las ondas reflejadas del rojo y el verde.

La luz blanca es una síntesis aditiva de las diversas longitudes electromagnéticas de onda, que el ojo humano percibe como colores del espectro.

5.2 SINTESIS SUSTRACTIVA DE LOS COLORES LUZ

"Si los rayos de sol pasan a través de dos placas de vidrio en contacto, una de las cuales sea azul y amarilla la otra, los rayos penetrados no se teñirán de azul ni de amarillo, sino de un verde bellísimo". (48) De esta manera describe Leonardo Da Vinci la síntesis sustractiva en su Tratado de Pintura.

Si juntamos un filtro rojo con un filtro verde y se colocan delante de un arco voltaico de un foco de proyección, la proyección resultante será el color NEGRO. Porque el filtro rojo absorbe todos los colores del espectro, excepto el rojo; el filtro verde absorbe todos los colores del espectro, excepto el verde. Es por esta razón que al ser absorbidos todos los colores luz del espectro, el resultado del efecto será NEGRO. (49)

La síntesis sustractiva disminuye la luminosidad.

6. COLORES PIGMENTO

El antecedente más remoto de la utilización de pigmentos de forma menos primitiva se encuentra en el año 24 de nuestra era, con Cayo Plinio, es critor romano, que nos informa que los romanos utilizaban una mezcla de pigmentos molidos con aceite para pintar sus escudos. Esta mezcla se difundió en Flandes, Alemania y luego en Inglaterra en el siglo XV. Aunque en el Renacimiento se le atribuye a Jan Van Eyck, en Bélgica, la invención de la pintura al óleo, es probablemente porque experimentó mezclar pigmentos molidos con aceites de linaza y nuez, lo que les confería mayor intensidad, mayor resistencia y brillantez cuando secaban, además que le permitían mezclarlos entre sí más adecuadamente que el temple que contenía huevo como aglutinante, adhesivo y de secado rápido. [50]

(Un detalle lingüístico.- La lengua latina utiliza el sustantivo neutro "pigmentum" para señalar: colorante, color para pintar, sustancia colorante. Utiliza también el verbo "pingere" para indicar el acto de aplicar una sustancia que dé color allí donde no lo hay).

Los pigmentos son sustancias minerales u orgánicas, que por su constitución química y molecular, tienen la propiedad de absorber algunas longitudes de onda de la luz blanca y refractar otras, que al ser captadas por el sistema visual humano provocan la sensación de color.

También podemos definirlos como compuestos que absorben la luz de unos colores particulares con especial eficiencia y esta propiedad refleja la disposición energética de sus orbitales atómicos. [51]

A diferencia de los colores luz, los colores pigmento funcionan por SINTESIS SUSTRACTIVA, o sea que al mezclar los colores pigmento hay una disminución de luminosidad. Por ejemplo, al mezclar los colores pigmento primarios el resultado es una disminución de luminosidad, dando una sensación de color gris. Por esta razón se conoce a los colores pigmento como colores de sustracción. [52]

Leonardo Da Vinci reconocía la síntesis sustractiva cuando decía: "pues la mezcla del azul con el amarillo componen un bellissimo color verde". Reconoce que para él sólo existen ocho colores elementales: "Al negro y al blanco le sigue el azul y amarillo, luego el verde y el leonino u ocre; después el color de la mora y el rojo. Estos son ocho colores y no existen más colores naturales." [54]

6.1 LOS COLORES PIGMENTO PRIMARIOS

Son los colores luz secundarios: azul cyan, amarillo y púrpura o magenta, algunos autores consideran al púrpura como rojo, pero un rojo-violeta.

Para José Parramón los colores primarios pigmento son el amarillo cadmio medio, azul de Prusia y el carmín de garanza, con los cuales es posible obtener todos los colores de la Naturaleza, incluido el negro. Esto lo realiza con la técnica de acuarela. (55)

6.2 LOS COLORES PIGMENTO SECUNDARIOS

Son los colores luz primarios: rojo, verde y azul oscuro.

Se obtienen mezclando por pares los colores primarios como sigue:

Colores primarios

Color secundario

Púrpura + Amarillo	=	ROJO
Amarillo + Azul Cyan	=	VERDE
Azul Cyan + Púrpura	=	AZUL OSCURO

6.3 LOS COLORES PIGMENTO TERCIARIOS

Son los colores que se obtienen al mezclar un primario con el secundario más próximo en el círculo cromático. Si se mezclan los terciarios con los secundarios más próximos en círculo, obtendríamos los colores cuaternarios.

La química de los colorantes tiene un amplio campo en el estudio de la constitución molecular de la materia colorante y de su resistencia a la luz, los disolventes y la preparación de los colorantes sintéticos. (56)

6.4 SINTESIS SUSTRACTIVA-COLORES PIGMENTO

En oposición a la síntesis aditiva de los colores luz donde dos o más ondas luminicas se suman y provoca por tanto una mayor luminosidad, la síntesis sustractiva es el resultado de la "sustracción" (la pérdida) de la energía de radiación de la luz incidente, que ocurre cuando se superponen filtros de luz o se mezclan pigmentos.

Si mezclamos los tres colores pigmento primarios: amarillo, magenta y azul cian, en proporciones adecuadas, podemos obtener todos los colores hasta el negro, el cual indicaría la máxima absorción de la luz incidente. (57)

COLORES PIGMENTO PRIMARIOS:

Amarillo + Magenta (a)

=

SECUNDARIOS:

Rojo

Azul cian + Amarillo

=

Verde

Magenta (a) + Azul cian

=

Azul violeta

Amarillo + Magenta (a) + Azul cian = NEGRO

MEZCLA DE COLORES PIGMENTOS PRIMARIOS CON SUS COLORES COMPLEMENTARIOS (o secundarios)

PRIMARIOS:

Amarillo

+

SECUNDARIOS:

Azul-violeta

=

Negro

Magenta (a)

+

Verde

=

Negro

Azul cian

+

Rojo

=

Negro

(a) Púrpura

Lo expresado en este último cuadro no es factible en la práctica, ya que por la imperfección de los pigmentos, e inclusive en trabajos de impresión, observamos que no se obtiene un negro perfecto. Tal es el caso de la mezcla de los colores pigmento primarios, amarillo, magenta y azul cian, de cuya mezcla se obtiene un negro amarronado. (58)

De esta síntesis ya hablaba Leonardo Da Vinci al mencionar que "un objeto amarillo que ilumina el espacio en compañía del objeto azul y lo tiñe de color verde... muestra cómo el azul y el amarillo engendran un bellissimo verde." (59)

7. COLOR DE LOS CUERPOS

7.1 El color local: Es el color propio que poseen todos los cuerpos, originado por su composición física (estructura molecular), que le permite absorber ciertas longitudes de onda y reflejar otras, que son las que le dan el color propio.

Leonardo Da Vinci en su Tratado de Pintura dice de la sombra: "La sombra participa siempre del color del cuerpo que engendra". (69) Indica que el color propio de un cuerpo proyecta su color sobre su propia sombra.

7.2 El color ambiente: Es el color reflejado por el medio que rodea a un objeto o que se refleja por otros cuerpos que se encuentren cercanos y que afectan al color propio del cuerpo por las ondas reflejadas.

Leonardo Da Vinci comenta al respecto "La superficie de todo cuerpo opaco participa del color de los objetos que lo circundan. Pero tanto mayor o menor sea su intensidad." (61) De este modo:

"La definición del color azul del aire explica el por qué los paisajes son más azules en verano que en el invierno". (62)

7.3 El color tonal: Es el color propio cuando es afectado por los efectos de luz y sombra, al mismo tiempo que por los colores ambiente o reflejados. El efecto de la luz y sombra se debe a que la luz no incide sobre los objetos o cuerpos con la misma intensidad, por su forma, su incidencia no es necesariamente perpendicular. A medida que las ondas de luz blanca pierden contacto con los cuerpos, dan un efecto de claro-oscuro.

Tanto el color tonal como el local de los cuerpos va desapareciendo hasta convertirse en negro, por la falta de iluminación.

El efecto de claro-oscuro es de gran importancia para los artistas plásticos, cuando desean dar a los objetos plasmados en su obra, la sensación de tridimensionalidad.

8. FACTORES QUE AFECTAN EL COLOR DE LOS CUERPOS

8.1 Color propio de la luz.

"La denominación de la luz "blanca" no nos ofrece suficiente información. Puesto que el aspecto de los colores compuestos depende de la composición espectral de la luz". (63) Inclusive la propia luz solar que recibimos en la superficie terrestre cambia en el transcurso del día, también es afectada por las nubes, por las partículas suspendidas en el aire y por la propia luz diurna que es reflejada ya por el color del suelo, rocas, árboles y plantas o paredes sobre las cuales incide. "Las diferentes fuentes de luz es tan diferentemente coloreadas y el color de la luz afecta y modifica el color del objeto". Por ejemplo: el color amarillo visto bajo la luz eléctrica incandescente, toma una tendencia al naranja debido a que el bulbo incandescente tiene un tinte rojizo (rojo + amarillo = naranja). Bajo algunas luces fluorescentes el mismo amarillo adquiere una tendencia verdosa, debido al tinte azul que frecuentemente tienen las luces fluorescentes. (azul + amarillo = verde). Un efecto similar ocurre bajo la luz celeste nórdica, donde la fuente de luz también contiene una gran cantidad de azul. (64)

El órgano de la vista posee la capacidad de adaptarse a la iluminación y a las circunstancias de contemplación de cada momento, situándose a un nivel de percepción intermedio, indicando que es adaptable casi a cualquier cambio cualitativo y cuantitativo de iluminación y contemplación. (65)

Se puede concluir que el aspecto de color de un cuerpo depende de la composición espectral existente; si cambia esta iluminación, también cambia la gama de color percibida. Porque únicamente pueden remitirse, reflejarse o transmitirse como estímulo de color, aquellas radiaciones existentes en la luz que incide sobre los objetos. Por ende, un mismo objeto puede mostrar distintas gamas de color, según la iluminación. (66)

En el siguiente cuadro se puede ver el efecto que produce sobre los colores la luz fluorescente.

EFFECTOS DE LA LUZ FLUORECENTE SOBRE LOS COLORES (67)

	Daylight	Standard cool White	Deluxe cool White	White	Standard Warm White	Deluxe Warm White	Soft White
Rojo	C	D	B	D	B	B	C
Naranja	D	D	C	C	C	A	C
Amarillo	D	C	C	B	B	C	B
Verde oscuro	A	B	C	B	D	D	D
Naranja	A	C	C	D	B	C	D
Gris	B	B	C	C	C	C	C
Blanco	gris	blanco	blanque sino	blanco quemado	blanco amari- lento.	blanque sino	blanco rosado

- A *realza*
- B *como la luz del día*
- C *claro*
- D *apagado*

8.2 INTENSIDAD DE LA LUZ

La intensidad de la luz da la brillantez a los colores así como los valores del claro-oscuro a los objetos en los cuales incide. A medida que ésta se esfuma los objetos pierden su color, que van tendiendo entonces del gris al negro.

Leonardo Da Vinci nos dice al respecto: "De cómo la belleza de un color ha de radicar en sus luces. Pues vemos nosotros que la cualidad de los colores es aprehendida por medio de la luz, debemos suponer que donde más luz exista, allí se juzgará con más acierto la cabal cualidad del color iluminado; y donde existan tinieblas, allí el color se tendrá de esas tinieblas. Conque tú, pintor, no olvides mostrar la verdad de los colores sobre las partes iluminadas."

"Pero si los colores estuvieran situados en un espacio luminoso parecerían entonces de tan grande belleza cuan grande fuera el esplendor de la luz." (68)

8.3 LA ATMÓSFERA INTERPUESTA

La luz proveniente del sol es filtrada por la atmósfera, la cual, a su vez, afecta a todo lo que ilumina. Atraviesa la atmósfera de 80 kilómetros de grosor con capas diversamente ionizadas, perturbadas, cargadas de oxígeno, agua, dióxido de carbono, polvo y vestigios de otros elementos. Los diámetros de estas partículas se aproximan a las longitudes de onda azul-violeta, por lo que absorben e irradian estas longitudes de onda, difundiéndolas en todas direcciones (fenómeno Tyndall).

Esta difusión da el color azul del cielo cuando los rayos luminosos del sol penetran a la atmósfera perpendicularmente.

Esto significa que las longitudes de onda rojas y verdes atraviesan la atmósfera llegando a la superficie terrestre, pero no así las longitudes de onda azules, las que son dispersadas por las partículas que flotan en el aire; lo que da esa característica sensación de azul del cielo y amarillo del sol, cuando la luz cae en forma perpendicular a la superficie terrestre.

Los cielos de las ciudades, por su polución, tienen una gran cantidad de partículas que difunden todas las longitudes de onda hacia todas direcciones, por lo que la sensación de azul se desvanece hacia el blanco.

En el ocaso el sol se inclina en el horizonte y sus rayos atraviesan la

atmósfera en un ángulo muy agudo, recorriendo una mayor distancia se difunden y se debilitan en provecho de aquellos rayos con longitudes más largas - que sí pueden atravesar más fácilmente una capa de atmósfera mayor y más cargada de partículas a las cuales dispersan y transforman el color del sol de amarillo a naranja, hasta producir un rojo vivo.

El amanecer es sólo el revés del ocaso, aunque difiere en que su atmósfera es más húmeda con menos partículas, lo que hace que los colores sean menos intensos. [70]

CAPITULO II: FENOMENO FISICO

- (1) Rat, Robert. Luz y Colores. Buenos Aires, Ed. Víctor Lerru, SRL., 1984, - pág.11.
- (2) El Gran Libro del Color. Barcelona, Blume, 1982, pág.12.
- (3) Dérivé, Maurice. El Color. México, Diana 1967, pág.8.
- (4) Roberts, Reginald. Psicología del Color. México, Yug, 1989, pág.61.
- (5) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.12.
- (6) Roberts, Reginald. Op.cit. pág.58
- (7) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.13.
- (8) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.13.
- (9) Roberts, Reginald. Op.cit. pág.59.
- (10) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.13.
- (11) Roberts, Reginald. Op.cit. págs.61-62.
- (12) Da Vinci, Leonardo. Tratado de Pintura. Madrid, Editora Nacional, 1980, pág.171.
- (13) Mueller, Conrad G. y Mae Rudolf. Luz y Visión. Unites States, Time Inc., 1969, pág.35.
- (14) Mueller, Conrad G. Ibid., pág.14.
- (15) Rat, Robert. Op.cit. pág.11 Ortiz Hernández Georgina. Preferencia u - Aversión por los Colores. Tesis, U.N.A.M., 1984, pág.5.
- (16) El Gran Libro del Color. Op.cit. págs.13-15.
- (17) Da Vinci, Leonardo. Op.cit. pág.241.
- (18) Mueller, Conrad G. Op.cit. pág.35.
- (19) Ortiz Hernández, Georgina. Op.cit. pág.5.
- (20) El Gran Libro del Color. Op.cit. págs.16-17.
- (21) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.15.
- (22) Itten, Johannes. El Arte del Color. París, Bouret, 1975, pág.13.
- (23) Dérivé, Maurice, Op.cit. págs.54-55.
- (24) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.20.
- (25) Mosqueira, Salvador. Física General. México, Patria, 1989, pág.390.
- (26) Itten, Johannes. Op.cit. pág.17.
- (27) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.14.
- (28) Küppers, Harold. Fundamentos de la Teoría de los Colores. Barcelona, G. Gili, 1980, pág.12.
- (29) Küppers, Harold. Op.cit. pág.12.

- (30) Ortiz Hernández, Georgina. Op.cit., pág.171.
- (31) Küppers, Harold. Op.cit., pág. 102.
- (32) Küppers, Harold. Op.cit., pág.8.
- (33) Frealbrick, Malins. Como Mirar un Cuadro. Madrid, Blume, 1975, pág.96.
- (34) Itten, Johannes. Op.cit., pág.17.
- (35) Küppers, Harold. Op.cit., pág.22
- (36) Parramon, José. Teoría y Práctica del Color. Barcelona, Parramon, 1988,- págs. 13 y 20.
- (37) Küppers, Harold. Op.cit., pág.129.
- (38) Itten, Johannes. Op.cit., pág.17.
- (39) Déribéré, Maurice. El Color. México, Diana, 1967, pág.36-38.
- (40) Küppers, Harold. Op.cit., pág.178.
Déribéré, Maurice. Op.cit., págs.36-37.
- (41) Déribéré, Maurice. Op.cit., pág.37.
- (42) Déribéré, Maurice. Op.cit., pág.42-43.
- (43) Déribéré, Maurice. Op.cit., págs.71-72.
- (44) Frealbrick, Malins. Op.cit., pág.96.
- (45) Déribéré, Maurice. Op.cit., pág.72.
- (46) Parramon, José. Op.cit., pág.20.
- (47) Parramon, José. Op.cit., pág.20
- (48) Da Vinci, Leonardo. Op.cit., pág.247.
- (49) Itten, Johannes. Op.cit., pág.17.
- (50) El Gran Libro del Color. Op.cit., pág.21.
- (51) El Gran Libro del Color. Op.cit., pág.21.
- (52) Itten, Johannes. Op.cit., pág.17.
- (53) Da Vinci, Leonardo. Op.cit., pág.325.
- (54) Küppers, Harold. Op.cit., pág.157.
- (55) Parramon, José. Op.cit., pág.6.
- (56) Itten, Johannes, Op.cit., pág.13.
- (57) Itten, Johannes, Op.cit., pág.17.
- (58) El Gran Libro del Color. Op.cit., pág.21.
- (59) Da Vinci, Leonardo. Op.cit., pág.246.
- (60) Da Vinci, Leonardo. Op.cit., pág.243.
- (61) Da Vinci, Leonardo. Op.cit., pág.244.
- (62) Da Vinci, Leonardo. Op.cit., pág.339.
- (63) Küppers, Harold. Op.cit., pág.135.

- (64) Color and Human Being. Englewood, Clif, NJ. Encyclopedia of Textiles. -
The editors of American Fabrics Magazine Prentice-Hall, 1960-1972, pág.
430.
- (65) Küppers, Harold. Op.cit. pág.17.
- (66) Küppers, Harold. Op.cit. págs.15 y 103.
- (67) Color and Human Being. Op.cit. pág.427.
- (68) Da Vinci, Leonardo. Op.cit. pág.253.
- (69) DéríberÉ, Maurice. Op.cit. págs.54-55.
- (70) El Gran Libro del Color. Op.cit. pág.23
DéríberÉ, Maurice. Op.cit. pág.53-54.
Luz y Visión. Op.cit. pág.105.

C A P I T U L O III

FENOMENO FISIOLOGICO

J. Itten cita: "El artista que quiera conocer el efecto de los colores desde un plano estético, debe estar al tanto de conocimientos fisiológicos y psicológicos". (1)

1. APARATO VISUAL

El ojo es el aparato visual que permite al hombre experimentar la sensación luminosa (2), y que le proporciona parte de la información del mundo que lo rodea.

Los globos oculares son un par de órganos que están situados simétricamente en la base de la órbita, donde se pueden mover gracias a varios músculos. Son de forma esférica ligeramente aplanados, con un diámetro promedio de 25 mm., su protección es asegurada por los párpados y pestañas y se compone de tres capas concéntricas:

La primera exterior es una membrana fibrosa, donde se encuentra la córnea, que es la parte transparente del centro del ojo, es la ventana al interior. La esclerótica, formada por la conjuntiva (la parte blanca del ojo), que es perforada por las fibras del nervio óptico, vasos y nervios, a la cual se le insertan los músculos extrínsecos del ojo.

La segunda capa, -la úvea-, es una membrana musculovascular que consta de la coroides, constituida por ramas vasculares, que se extiende hasta el ecuador del ojo uniéndose con el cuerpo ciliar del que surgen los ligamentos suspensorios del cristalino y el iris.

La tercera capa es una membrana nerviosa denominada retina, que cubre la úvea en su parte interna y se conecta con el nervio óptico.

La retina constituye la parte sensible del ojo y está formada por fibras nerviosas, células ganglionares, células bipolares, bastones y conos. Es atravesada en esta secuencia por la luz que penetra en el ojo, para provocar la sensación visual.

La trayectoria de la luz se inicia en la córnea, continúa por el humor acuoso y el cristalino (formado por capas de tejido transparente superpuestas y envuelto por una membrana elástica translúcida, semejando una lente biconvexa adherida a los músculos ciliares que modifican la curvatura de sus caras, para permitir el ajuste sobre la retina de las imágenes de los objetos situados a distancias variables, o sea la distancia focal o convergencia modificable). Tiene un índice de refracción promedio de 1.42. El tamaño del cristalino aumenta con la edad, por lo que pierde su elasticidad reduciendo la capaci

dad de ver abjetos cercanos (distancia focal).

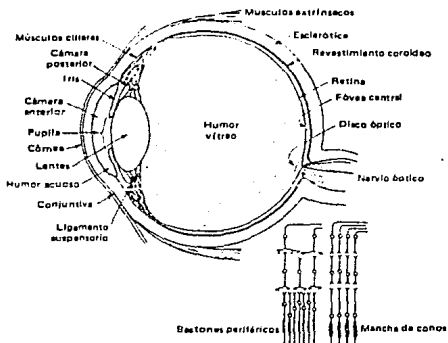
Entre la córnea y el cristalino se encuentra el iris, rodeado de un líquido denominado humor acuoso, cuya función es similar a la de un diafragma, conocido como pupila, que se ajusta según la intensidad de la luz. Es lo que le da el color café, verde o azul al ojo.

La córnea, el humor acuoso y el cristalino asemejan un lente único ajustable con índice de refracción de 1.4. De este lente la luz atraviesa 15 mm. aproximadamente de un líquido llamado humor vítreo, para llegar a la retina, con un índice de refracción de 1.33, similar al agua.

Las fibras nerviosas de la retina se unen en un punto llamado disco óptico o "punto ciego", con el nervio óptico; es aquí donde convergen las ramificaciones nerviosas y se interrumpen las células sensibles a la luz. La fovea es un punto minúsculo ubicado enfrente del cristalino, donde las capas de las células nerviosas de la retina se abren hacia los lados; se considera como la parte más sensible de la retina, con la máxima agudeza visual con luz brillante, cuando la imagen cae en la fovea. (3) En este punto hay una gran concentración de conos, los cuales están conectados uno a uno con las células nerviosas bipolares y ganglionares, a diferencia de lo que sucede en la periferia de la retina donde las células bipolares y ganglionares están conectadas a varios conos y bastones. Es por esto que cada cono puede enviar una señal directa, dado que cada fibra nerviosa lleva una sola señal por cada cono, lo que hace que su interpretación por el cerebro sea más precisa que el resto de la retina.

La retina cuenta con 125 millones de bastones y 7 millones de conos -receptores visuales fotosensibles-. "Los bastones son más numerosos en la periferia de la retina, mientras que la fovea es una área densamente poblada, en la retina central sólo por conos. Aunque en la periferia de la retina también hay conos, no son tan abundantes como los bastones". (4) Los bastones se concentran en la periferia y los conos disminuyen en ésta.

Como se mencionó, la fovea es la parte más sensible, que proporciona la máxima agudeza visual, pero sólo cuando hay bastante luz y se enfoca de frente el objeto; cuando hay deficiencia de iluminación el ojo percibe mejor en condiciones pobres de luz en la periferia de la retina. Es por esto que el hombre puede captar por el rabillo del ojo cosas y movimiento aún con luz muy baja, pero no puede percatarse de los detalles de lo que está mirando.



Representación esquemática de la anatomía del ojo. (Tomada de Langley, 1962).

2. CAPTACION DEL COLOR POR EL OJO

El color parece ser una cualidad del material, pero de hecho sólo existe como impresión sensorial del contemplador. (5)

"El estímulo del color no es COLOR, sino sólo el impulso que mueve al órgano de la vista a producir sensaciones de color." (6) Siempre y cuando el órgano de la vista esté intacto, dará la correspondiente sensación del color.

"La visión del color incluye un proceso fisiológico -en el cual la energía de la luz se transforma en señales de color que van al cerebro-". (7)

Las primeras hipótesis sobre el color las encontramos en el antiguo - Egipto. Pitágoras, entre los griegos, supuso que la coloración de los objetos era provocada por estímulos proyectados por el ojo. Demócrito postula una hipótesis más acertada, dice que las imágenes se producen en la retina provocadas por "algo" que emiten los objetos. Desde esta hipótesis hay una laguna - hasta el S.XVII, con Newton, que al dispersar la luz concluye que el color es una propiedad intrínseca de la luz, que está compuesta de la mezcla de todos los colores. Este postulado contradecía la teoría de Hooke, que argumentaba que los colores eran la consecuencia del prisma y que no procedían de la luz.

Goethe, acérrimo oponente de Newton, proclamó la aportación que hacen los medios y superficies materiales que encuentran la luz en su recorrido desde su fuente hasta los ojos del observador.

Schopenhauer intuyó, en su teoría caprichosa pero curiosamente profética, la función de las respuestas retinianas de los ojos, pero sin llegar a formular una teoría fisiológica, aunque se anticipa a la teoría de Hering de los procesos opuestos.

En el S.XIX se da un gran paso en la teoría sobre el color con Thomas Young, al exponer en 1802 la teoría ondulatoria de la luz. Él da una explicación razonable a las interrogantes de Newton, sobre la captación del color por el ojo, con su teoría tricromática, que postula, que los seres humanos tienen sólo tres tipos de cromoreceptores, e indica inicialmente que estos eran sensibles a los colores rojo, amarillo y azul; posteriormente los consideró como rojo, verde y violeta, basándose en la mezcla aditiva de luces coloreadas. Esta teoría fue rechazada hasta que Herman Von Helmholtz y James Clark Maxwell, cincuenta años después. La reviven, con la modificación en la forma en que reaccionan los conos a los colores básicos, al indicar que un cono no es estimulado por un sólo color, sino por un color en especial y más debilmente por los otros dos. (8)

En 1874, Ewald Hering, psicólogo y fisiólogo, considera la teoría tri-

cromática (azul, verde y rojo) de Young-Helmholtz, en directa contradicción - con la experiencia visual real, relacionada con la persistencia de la imagen-postimágen- y el contraste simultáneo. Denomina a su teoría "de los procesos opuestos"; al suponer que los cromorreceptores eran tres y que funcionaban por pares: rojo-verde, amarillo-azul y blanco-negro (en el sistema humano). Afirma que la actividad mutuamente exclusiva de cada componente de los pares de colores ocurría después que las sustancias de los cromorreceptores visuales - habían absorbido la luz. (9) En su Tratado sobre la Teoría del Color afirma que "Todos los rayos del espectro visible tienen un efecto disimilante sobre la sustancia negra-blanca, pero los diferentes rayos en grado diferente. Pero sólo ciertos rayos tienen un efecto disimilante sobre la sustancia azul-amarilla o verde-roja, otros lo tienen asimilante, y otros no tienen ninguno. (10) Por esto propone que el blanco se produce por disimilación y el negro por la - asimilación de su sustancia-proceso antagónico-, porque si ambos procesos que micos de asimilación y disimilación son provocados por un estímulo apropiado del espectro, haría que se anularan las dos sensaciones apareadas, por esto - el blanco aparece cuando se mezclan las luces complementarias. Así explicaba algunos aspectos de la visión, como la pureza de las sensaciones amarilla y - blanca, la ceguera dicromática del color, el contraste simultáneo y sucesivo-postimágen- y otros más. Cabe hacer notar que las investigaciones sobre las - propiedades de absorción espectral de los conos no apoyan este modelo. Postulaba que al gris medio o neutro corresponde a un estado en que la sustancia - visual, tanto la disimilación-deterioro de la sustancia visual-como la asimilación-regeneración de la sustancia visual- son de igual importancia, de mane - ra que la cantidad de sustancia sigue siendo la misma. Es decir, que el gris - neutro crea en el ojo un estado de equilibrio perfecto. (11) Indica así, que el ojo y el cerebro exigen el gris neutro y que cuando falta, se ponen inquie - tos. Si contemplamos un cuadro blanco sobre un fondo negro, la imagen resi - dual que aparece cuando quitamos la vista o cerramos los ojos, es un cuadro - negro; si contemplamos un cuadro negro sobre fondo blanco, será un cuadro - blanco el que aparecerá como imagen residual. O sea que el ojo se esfuerza - por restablecer el estado de equilibrio. (12)

En 1964, la hipótesis de Young-Helmholtz fue apoyada por los investigadores norteamericanos Edward F. MacNichol, William S. Marks, George Wald y Paul K. Brown, que investigaron las propiedades de absorción de los conos en la retina. Identificaron que los conos, receptores de las ondas que provocan la -

sensación del color, contenían tres clases de pigmentos sensibles a la luz: - uno sensible al azul, otro al verde y el tercero al rojo.

MacNichol resume las conclusiones de las investigaciones al decir: "Aparentemente, la visión cromática es un proceso que ocurre en dos etapas y que concuerda con la teoría de Young Helmholtz en lo que respecta a los receptores y con la de Hering en lo que se refiere al nervio óptico y etapas posteriores. No hay camino directo al cerebro para cada receptor; de alguna manera en la retina se elabora la visión tricromática y es traducida en señales bicolors por cada una de las células ganglionares de la retina sensibles al color, para su transmisión a los centros visuales superiores". [13]

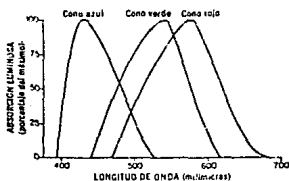
2.1 LOS RECEPTORES DEL SISTEMA VISUAL

Los receptores luminosos o fotosensibles de la retina son los bastones y los conos, que constituyen un sistema de colectores de cuantos, los cuales son transformados por el sistema nervioso en impulsos eléctricos que se transmiten al cerebro.

Los bastones contienen una sustancia o pigmento de color morado, que se le conocía con el nombre de púrpura y que está compuesto por un derivado de la vitamina A, la Rodopsina que se combina con una molécula de una proteína compleja, llamada opsina o escotopsina. Cuando un paquete de energía luminosa es absorbido por una molécula de rodopsina, se inicia una compleja secuencia de etapas de transformación y desdoblamiento en lumirrodopsina, metarrodopsina, Neo-retineno, alo transretineno e isomerasas. Todo este complejo ciclo visual fotoquímico interviene en el proceso de la visión escotópica-sensación de blanco y negro- desde que la luz incide en los bastones principia la descomposición de su sustancia fotosensible, que se suspende al desaparecer la luz que incidía sobre los bastones, dando paso a un proceso de restauración que tarda aproximadamente 7 minutos para llegar a alcanzar el 60% de su regeneración. Al lapso de tiempo entre la descomposición y restauración-disimilación y asimilación- de la rodopsina se le conoce con el nombre de "duración crítica". [14]

Un proceso similar sucede con los conos, pero éstos son de tres tipos - de acuerdo a su fotopigmento en el proceso de la visión fotópica. Rushton en 1957 descubrió tres tipos de fotopigmento en la fovea humana denominándoles:-

"Erythrolabe, Chlorolabe y Cyanolabe", cuyas moléculas responden al cubrir - el total del espectro visible, en tres amplias curvas que se superponen de la siguiente forma: uno de los pigmentos tiene una captación máxima de sensibilidad a las longitudes de onda de 440 nanómetros, con lo que responde en cierto grado a toda la mitad de baja frecuencia del espectro visible. Cada uno de los otros pigmentos responde a casi dos tercios del espectro visible, al estar escasamente sus picos separados por 30 nanómetros y con sus sensibilidades máximas localizadas en 535 y 565 nanómetros. (15)



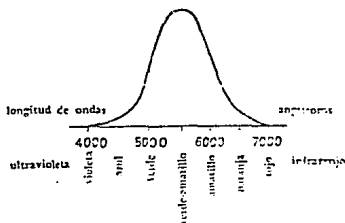
Absorción de la luz por los pigmentos de los tres conos receptores de color de la retina humana. (Dibujado según curvas registradas por Mink, Dobbie y MacNichol, Jr.: *Science*, 143:1181, 1964, y por Brown y Wald: *Science*, 144:45, 1964.)

La activación del sistema de los conos requiere de un nivel de radiación (fuerza luminica) 1000 veces superior al requerido para activar el sistema de los bastones. Esto se traduce en que los bastones proporcionan una visión blanco y negro con escasa luminosidad (el sistema de visión de color requiere una luminosidad 1000 veces mayor). Por ende, el disminuir paulatinamente la luminosidad, la percepción de color se va perdiendo hasta ser nula, hasta subsistir únicamente la sensación de blanco y negro. (16)

La adaptación a la oscuridad del ojo humano es lenta y tarda 45 minutos en una habitación totalmente oscura, la adaptación del ojo a la luz es mucho más rápida. (17)

Küppers explica el sistema de conos en una forma simple y clara: "Los conos en la retina del ojo no ven ningún color. Son tan sólo colectores de cuantos. Los tres componentes del órgano de la visión son los tres colores primarios. A partir de ellos se forma para cada sensación de color un código de tres partes. Los colores primarios reciben el nombre de azul (azul-violetado), verde y rojo (rojo-anaranjado)". (18)

Maurice Dèribèrèl en su obra El color, nos dice: "El color, sensación fisiológica, está imperativamente ligado a tres dimensiones: la naturaleza del objeto, la luz que lo ilumina, que le permite al ojo recibir su mensaje; el ojo que percibe esta imagen y la comunica al cerebro. Esta triple dependencia del color es imperativa y deberá estar presente en el espíritu cada vez que éste tenga que razonar o examinar un problema del color. "Así mismo nos muestra la curva de sensibilidad del ojo humano medio a las radiaciones electromagnéticas que componen la luz y producen la sensación de color en la siguiente gráfica: (19)

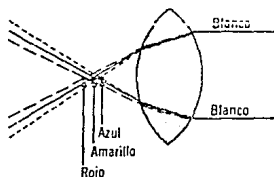


Curva de sensibilidad del ojo humano medio

La gráfica anterior nos muestra cómo el sistema visual es más sensible a los colores verde, verde-amarillo, amarillo y naranja, lo que nos indica que la sensibilidad permite una mayor diferenciación de matiz, tono y saturación. En los extremos violeta y rojo la sensibilidad es precaria, dificultando su clara identificación. (20)

2.2 LA ABERRACIÓN CROMÁTICA

La aberración cromática, definida así por los fisiólogos, debe ser tomada muy en cuenta por los pintores, diseñadores, decoradores, arquitectos, etc. Consiste en que el cristalino del ojo es un lente que tiene un poder de refracción diferente para cada longitud de onda de color, o sea que cada color tiene un enfoque diferente detrás del cristalino, como se muestra en la siguiente figura:



Aberración cromática.

Esta aberración cromática provoca en el observador la sensación de acercamiento o alejamiento de un color, por lo que tenemos que el rojo es el color que provoca la sensación de acercamiento máximo, sigue el naranja, el amarillo, verde, hasta llegar al azul que da la sensación de mayor alejamiento.

Cabe hacer notar que a mayor apertura pupilar, motivada por disminución de luminosidad, la lente del cristalino se abre más, lo que provoca un incremento en los errores de aberración cromática, pues los rayos que atraviesan la periferia del cristalino son más afectados que los que pasan por el centro. [21]

3 PROCESOS NERVIOSOS DE LA VISION

El proceso nervioso de la visión se inicia en el punto de unión (sinapsis) que hay entre los conos y bastones con las células nerviosas compuestas por medio de fibras (dendritas y axones).

Las células nerviosas que constituyen el complejo sistema de percepción visual en la retina humana son:

Células bipolares de los bastones (CB)

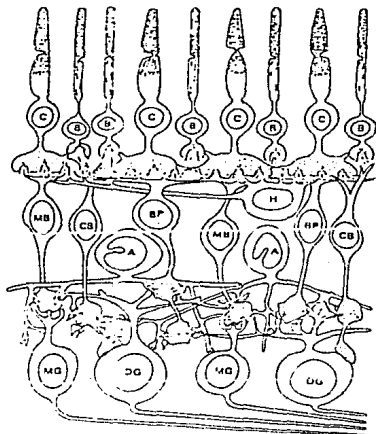
Células bipolares planas de los conos (BP)

Células bipolares diminutas (MB) flanqueadas por

Células Horizontales (H)

Células Amacrinas (A)

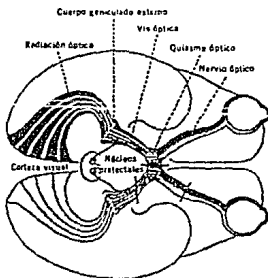
Células Ganglionares de dos tipos (MG) y (DG).



Tipos de células nerviosas y sus interconexiones en la retina de un primata. Los detalles se explican en el texto. (Tomada de Dowling y Boycott, 1966. Reproducción con permiso de The Royal Society. Copyright, 1966, The Royal Society).

El modelo anterior muestra a los conos y bastones y sus intrincadas conexiones (sinapsis), con las diversas células nerviosas, donde ocurren fenómenos eléctricos, que se inician con el blanqueo del fotorpimiento, pero dado

a la complejidad de sus conexiones se desconoce a la fecha su exacto funcionamiento. Posteriormente los impulsos eléctricos se transmiten, primero a los cuerpos geniculados laterales y después a la corteza occipital como se muestra en la siguiente figura:



Vías visuales desde los ojos hasta la corteza visual. (Modificado de Polyak: The Retina. University of Chicago Press.)

Como una respuesta al estímulo luminoso surge lo que se llama Potencial s que es una onda eléctrica graduada, que dura en tanto dura el estímulo y es proporcional a la intensidad del estímulo. Esta onda eléctrica fue detectada al insertar un microelectrodo de registro en la capa nuclear interna de la retina, encontrándose dos tipos de respuestas:

- a.- Acromática, cuando el potencial negativo no depende de la longitud de onda del estímulo.
- b.- Cromática, que puede ser negativo para una longitud de onda y positivo para otra. Conocida por los investigadores como el "proceso opuesto", - está acorde con la teoría de los procesos opuestos de la visión del color, propuesta por Hering.

El proceso opuesto se efectúa cuando la respuesta de una célula visual o conjunto de células codifican la información de las longitudes de onda y - que utilizan dos respuestas antagónicas u "opuestas" para dos conjuntos de longitudes de onda. (22)

DeValois en sus investigaciones, entre 1965 y 1971, descubrió que en el

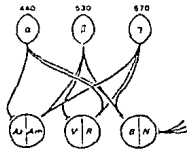
núcleo geniculado lateral a donde llegan la mayoría de las fibras del nervio - óptico, hay cuatro tipos de células nerviosas espectralmente opuestas, lo que corrobora la teoría de Hering. Dichas células son:

- + V - R (excitador verde, inhibidor rojo)
- + R - V (excitador rojo, inhibidor verde)
- + Am - Az (excitador amarillo, inhibidor azul)
- + AZ - Am (excitador azul, inhibidor amarillo) (23)

Haldan Hartline descubrió que una zona estimulada de la retina podría - excitar otra, así mismo descubrió que había puntos muy sensibles capaces de - excitar una sola fibre nerviosa; cada fibra nerviosa parecía estar conectada - de algún modo con el área alrededor del punto de alta sensibilidad, tanto como en el punto mismo; el nervio reaccionaba mejor cuando se estimulaba toda - el área circundante, que cuando, sólo se estimulaba el punto sensible; se necesitaba poquísima luz para producir una buena reacción en el nervio, si varias de estas áreas receptoras eran estimuladas el mismo tiempo. (24)

Pero en 1974 Hurvich y Jameson indicaron que el modelo de Hering era - aplicable para representar la actividad del sistema de visión del color en un nivel nervioso con la existencia de tres receptores de color - conos - con la - absorción máxima de 440 nm (violeta-azul), 530 nm (verde) y 570 nm (rojo) y - en el nivel nervioso tenemos tres pares de procesos oponentes: azul-amarillo, verde-rojo y blanco y negro. Donde se considera para mostrar el antagonismo - entre el proceso negativo a los sistemas azul, verde y negro: y el proceso positivo a los sistemas amarillo, rojo y blanco.

En la figura anexa se muestra la relación entre los procesos de absorción de tres conos y el proceso nervioso antagonístico en la visión según Hurvich y Jameson (25)



Relación entre los procesos de absorción de tres conos y el proceso nervioso antagonístico en la visión del color, según Hurvich y Jameson (1974)

Las investigaciones actuales apoyan el modelo propuesto de Hurvich y JAMESON, reafirmando que el sistema de tres receptores -conos- para el sistema de visión fotópica cromática -color- está asociado a través de salidas nerviosas con un sistema nervioso antagónico para la codificación de la información. (26) Con lo que se comprueba que la teoría de Young - - Helmholtz es válida a nivel receptor y la teoría de Hering es válida a nivel nervioso.

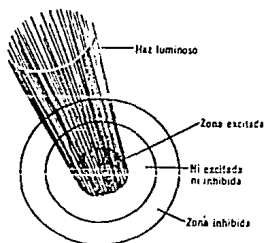
Lo expuesto se comprobó al colocar un filtro de color rojo en un ojo y un filtro verde en el otro de una persona, dando como respuesta que los objetos que veía eran de color amarillo pero no tenía la nitidez y luminosidad - del color amarillo, por lo que se llegó a la conclusión que la visión del color requiere del funcionamiento de los receptores -conos y bastones- y del sistema nervioso de las células de la retina y de las neuronas del cuerpo geniculado lateral del cerebro. Esto nos remite a considerar que la visión cromática es individual, dado que cada persona tiene diferente nivel de respuesta cromática dentro de rangos normales. Es por esto que la percepción del color es tan compleja, así como la pretensión de clasificar colores, a no ser que esto se realice con aparatos específicos para tal efecto.

3.1 INHIBICION LATERAL

La inhibición lateral se presenta en las células ganglionares y en las horizontales que se encuentran en la retina, así como, también se encuentra en las neuronas del cuerpo geniculado lateral.

Aún cuando su funcionamiento es incierto, se cree que junto con la teoría de Young-Helmholtz y la teoría de Hering de los procesos opuestos, explica los diversos efectos ópticos como los contrastes claro-oscuro, simultáneo, sucesivo y otros más.

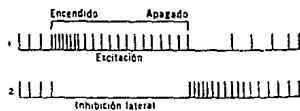
La inhibición lateral se presenta cuando un haz de luz cae sobre la retina, produciendo tres zonas con diferente reacción; la del centro que recibe el haz de luz es la zona excitada, le sigue una zona que no es excitada ni inhibida, y por último aparece una zona totalmente inhibida, como se muestra en la siguiente figura:



Excitación e inhibición de una zona retiniana mediante un pequeño haz de luz

Las células ganglionares transmiten en forma constante impulsos nerviosos (eléctricos), aun en la obscuridad total, con una frecuencia de 5 por segundo; esta señal se superpone a la señal normal visual, su registro se muestra en la figura siguiente (1). Cuando se enciende una luz, a la izquierda de este registro nos muestra los impulsos basales -normales- de la célula ganglionar; después de una fracción de segundo se nota un incremento considerable de las frecuencias de descarga; posteriormente, pasada una fracción de segundo, la frecuencia disminuye casi a su nivel de frecuencia basal -normal. Dicho de otra forma, en esta zona de estimulación directa por el haz de luz existe una descarga transitoria intensa al aplicar el estímulo lumínico; después disminuye la frecuencia del impulso nervioso, pero sin llegar a su nivel basal. Cuando se apaga la luz cesando el estímulo, se efectúa un funcionamiento inverso.

La inhibición lateral de las células ganglionares vecinas, o sea las de la zona totalmente inhibida, se muestra en la figura (2). Quedan totalmente bloqueadas después de una fracción de segundo, dejan de transmitir hasta los impulsos basales normales; pero cuando se apaga la luz, la frecuencia de los impulsos aumenta a una frecuencia mayor que lo normal, que dura una fracción de segundo más, hasta que las células se readaptan paulatinamente a su nivel normal de descarga.



Respuestas de las células ganglionares a la luz: 1) en una zona excitada por un haz luminoso, y 2) en una zona inmediatamente vecina del punto excitado; las células ganglionares a este nivel son inhibidas por el mecanismo de inhibición lateral. (Modificado de Granit: *Receptors and Sensory Perception*. Yale University Press.)

4. LEY DE INDUCCION DE LOS COMPLEMENTARIOS

Goethe en su Tratado de los Colores, afirmaba: "Cuando el ojo percibe - el color, automáticamente se pone en acción y su naturaleza hace que surja - inmediatamente, de manera tan inconsciente como necesaria, otro color; este - color encerrará en sí, con el color propuesto, la totalidad del círculo cro- mático. A causa de su impresión específica, un color aislado incita al ojo - hacia la universalidad, para llegar a ser consciente de esta totalidad, para - satisfacerse a sí mismo, busca el fin de cualquier espacio coloreado uo - espacio que no lo sea a fin de hacer brotar el color deseado" [27]

Por su parte, el francés Chevreul (1840), físico de los colores que fue probablemente el primero en realizar una investigación científica sobre la - interacción de los colores relacionada a los textiles, descubrió que: "Un co - lor arroja sobre el matiz vecino su propio complementario". [25] Indica que "la exaltación de dos colores- en su tono y en su color- al ser puestos uno al lado de otro por una parte y el fenómeno de las imágenes sucesivas, - por otra, pero considerando, además, lo visto sobre el máximo contraste de - color dado por los complementarios, nos lleva a la evidencia de que la vi - sión de un color cualquiera, crea por SIMPATIA, la aparición de su complemen - tario en el matiz vecino". [29]

Va Leonardo Da Vinci en su Tratado de Pintura comenta sus experiencias sobre la inducción de los complementarios, relacionadas con el contraste sí- multáneo obtenido al juxtaponer colores.

La explicación del fenómeno de inducción de los complementarios que ori- ginan los contrastes simultáneos y sucesivos -postímagen- desde el punto de - vista fisiológico ha sido de gran interés por su complejidad de parte de los científicos dedicados a la investigación de la sensación del color en el ojo humano. Aparce de los anteriormente citados se encuentra:

El filósofo Schopenhauer supuso que la sensación del blanco se produce - cuando la retina responde con acción plena, mientras que el negro resulta de la ausencia de la acción. Además, señaló que los colores complementarios sur - gen en las postímágenes, funcionan por pares y se producen por biparticiones cuantitativas de la función retiniana [30]. Esto se muestra en la - siguiente escala del funcionamiento retiniano, similar a la escala luminosa - de Goethe [31]

De Shopenhauer:

Violeta		Amarillo	
1/4	+	3/4	= 1
Azul		Anaranjado	
1/3	+	2/3	= 1
Verde		Rojo	
1/2	+	1/2	= 1
Negro		Blanco	
0	+	1	= 1

De Goethe:

Violeta		Amarillo	
3	a	9	
Azul		Anaranjado	
4	a	8	
Verde		Rojo	
6	a	6	

Schopenhauer señala de esta forma cómo se divide la actividad retiniana. Por ejemplo: el rojo y el verde, al ser de igual intensidad, dividen la actividad de la retina en partes iguales, pero el violeta y el amarillo son producidos por una proporción de tres a uno, etc. Aún cuando consideró la anterior escala como hipotética, se anticipa notablemente a su concepción básica de pares complementarios en el funcionamiento retiniano de la teoría cromática de Ewald Hering.

Johannes Itten afirma que el contraste simultáneo y el sucesivo demuestran que el ojo exige un equilibrio y sólo queda satisfecho cuando se realiza la ley de los complementarios. (32)

Ewald Hering fisiólogo (1870) reconoce que "Al gris medio o neutro corresponde el estado de la sustancia visual en el cual la disimilación-destructoro de la sustancia por la vista -y la asimilación-regeneración de la sustancia visual- son de igual importancia, de manera que la cantidad de sustancia visual sigue siendo la misma. Es decir, que el gris neutro crea en el ojo un estado de equilibrio perfecto", o de armonía. (33)

El físico Sir Benjamín Thompson, conde de Rumford, en 1797, antes que Hering, en el *Nicolson Journal*, afirmó que los colores sólo son armoniosos -estado de equilibrio- cuando su mezcla produce el color blanco. Aquí Rumford se estaba refiriendo a la mezcla aditiva producida por los COLORES LUZ; mientras Hering se estaba refiriendo a la mezcla sustractiva de los COLORES PIGMENTO, que al mezclarlos por pares de complementarios producen el gris neutro.

La ley de inducción de los complementarios es de gran importancia para todos los artistas, pues constituye la regla básica de toda creación artística, dado que su observancia crea un equilibrio perfecto en el ojo.

4.1 CONTRASTE SUCESIVO-CONSECUTIVO O POSTIMAGEN

El contraste sucesivo-consecutivo es una consecuencia fisiológica del proceso retiniano que produce la postimagen. Existen varias teorías para explicar este fenómeno:

En la teoría de Young-Helmholtz, la postimagen negativa consiste en la fatiga temporal de los cromoreceptores empleados en captar el color original. (34)

Ewald Hering explica la postimagen negativa, al indicar que "cuando se retira la vista de un estímulo rojo, el proceso rojo se detiene y, automáticamente, se inicia el proceso contrario, creando la sensación del verde". (35) Basa su teoría en los procesos opuestos o antagónicos que poseen los cromoreceptores, afirmando "que hay tres pares de reacciones sensorias únicas: rojo-verde, amarillo-azul y blanco-negro". (36)

Existe la explicación fisiológica, en la "duración crítica" que es el período entre el inicio de la descomposición y el comienzo de la restauración de la rodopsina, que es el pigmento sensible a la luz que hay en los bastoncillos, que se descompone al contacto con la luz, en un período del orden de un centésimo de segundo. (37) Así como existe un período para la restauración de los bastoncillos que son los elementos para la visión escotópica (blanco y negro), de igual forma hay un período para la restauración del agotamiento de los conos que permiten la visión fotópica (cromática), con lo cual se explica la fatiga temporal mencionada por Young-Helmholtz, por falta del nivel de equilibrio que exige el ojo al ser afectado por la visión de un color pigmento. Una vez que este estímulo de color se suspende, se inicia el proceso de recuperación del nivel de equilibrio al provocar la sensación del color complementario que dio inicio al proceso.

La postimagen resulta de la visión prolongada de un color, al provocar la aparición del color complementario -el color opuesto en el círculo cromático- sobre la superficie a la que se dirige en ese momento la vista. Sugiere la existencia de dos sistemas antagónicos, lo que hace pensar que el nivel de respuesta de los mecanismos neurales subyacentes puede adaptarse o fatigarse reduciendo la sensibilidad de entrada.

El contraste sucesivo-consecutivo o postimagen se presenta cuando por ejemplo se fija la vista sobre un cuadro rojo y después de unos segundos se mueve la mirada a una superficie blanca; es entonces cuando vemos flotar sobre ésta la fantasmagórica postimagen negativa de un cuadro color verde. Esto

mismo sucede aún cerrando los ojos: tendremos la sensación de un cuadro de color verde, puesto que "el ojo exige o produce el color complementario; intenta por sí sólo restablecer el equilibrio". [38] Se debe tomar en cuenta que la baja de nivel del equilibrio o de descarga del ojo varía según el color de que se trate; es el color rojo el que produce mayor fatiga o desgaste y el azul el menor. También es afectado cuantitativamente por la superficie y la brillantez o luminosidad que estimule el color.

Es por lo anterior que en las salas de cirugía las batas y las mantas que cubren la incisión quirúrgica, son de color verde, para mimetizar la aparición de la postimagen verde que es consecuencia de tener fija la vista el cirujano sobre tejidos y sangre de color rojo.

Hasta este punto se ha hecho referencia a la postimagen negativa por considerarse más importante para un artista, al ser afectado por un color cuando trabaja con él por un tiempo prolongado, pues empezará a verlo deformarse hasta el grado de dudar del pigmento que utiliza. Por ello debe mover la vista a otros colores, para evitar este efecto.

La postimagen positiva aparece cuando la visión es afectada por una luz coloreada brillante, que produce la sensación de que se continúa viendo el mismo color de la luz brillante que la estimuló, a pesar de que se haya suspendido. Este efecto se puede apreciar mejor en un cuarto oscuro o cerrando los ojos; se le conoce con el nombre de "perseverancia".

4.2 CONTRASTE SIMULTANEO

Como dijimos anteriormente, Michel Eugène Chevreul fue el descubridor del contraste simultáneo, basado en la ley de inducción de los complementarios y el funcionamiento de la retina conocido como inhibición lateral.

Cuando es afectada una área de la retina por la visión de un cuadrado rojo, por ejemplo, las células nerviosas de las zonas adyacentes a este cuadrado en la retina se inhiben, provocando la aparición del color complementario verde, para restablecer el equilibrio visual. (39)

Efectos de los colores pigmento por contraste simultáneo:

<u>Un Cuadrado de Color:</u>	<u>Sobre un Fondo de Color:</u>	<u>Parecerá:</u>
Gris claro	blanco	Obscuro
Gris claro	negro	más claro
Gris	anaranjado	azulado
Gris	rojo	verdoso
Gris	amarillo	azulado
Gris	verde	rojizo
Gris	azul	anaranjado
Amarillo	blanco	más oscuro, caliente y suave
Amarillo	negro	mayor claridad, frío y agresivo
Rojo	negro	brillar y expandirse, irradia calor
Rojo	blanco	muy oscuro y pierde luminosidad
Rojo	amarillo	más vivo (40)
Rojo	verde	exaltarse ambos colores más vivos y vibrantes
Azul	blanco	muy oscuro y se aclara el blanco
Azul	negro	más claro y se irradia

4.2.1 LEY DE LOS CONTRASTES SIMULTANEOS

- a. Un color cualquiera resulta más oscuro cuanto más claro es el color - que lo rodea.
- b. El mismo color resulta más claro cuanto más oscuro es el color que lo rodea. (41)
- c. La influencia de los colores puros sobre un gris claro yuxtapuesto ofrece la tendencia a dirigirse hacia sus colores complementarios. (42)
- d. La yuxtaposición de dos colores en tonos distintos, promueve la exaltación de ambos, aclarándose el claro u oscureciéndose el oscuro. (43)
- e. El máximo contraste se logra cuando se yuxtaponen el par de colores complementarios, avivando la luminosidad de ambos. (44)
- f. Si la mezcla de dos colores pigmento produce el color gris, indica que son complementarios. (45)
- g. Según la ley de inducción de los colores, para modificar un color determinado bastará cambiar el color del fondo que lo rodea. (46)

Estos efectos arriba indicados suceden cuando la realidad de un color - no corresponde con su efecto, se logra una expresión, dinámica, expresiva, - irreal y flotante. Constituyen la posibilidad de transformar las formas y los colores reales de la materia en vibraciones irreales, para permitir al artista dar una expresión a lo que no se puede decir. (47) Chevreul dice: "Dar una pincelada de color sobre una tela, no es solamente teñir el lienzo del color que lleva el pincel. Es también, colorear con su complementario el espacio que lo rodea". (48)

5. CONTRASTE CALIENTE-FRÍO

Diversos investigadores han considerado que los colores tienen una temperatura específica. "Hacia el año 1800, William Herschell descubrió que al colocar un termómetro muy sensible en el extremo rojo del espectro, indicaba una temperatura más elevada que si se pone en el extremo azul, y que se registra una temperatura aún mayor más allá de la banda de color rojo, en la parte oscura del espectro donde no se ve nada. [49]

Toda radiación implica calor-temperatura. Por el momento las investigaciones sobre el calor de los colores es muy exigua; al parecer no se le ha dado importancia a los efectos fisiológicos que puede producir el color, considerado como una radiación reflejada.

La condicionante parece ser que el color de los objetos o pigmentos - actúa como un filtro de las radiaciones, que las absorbe según sus condiciones moleculares de su composición, lo que permite reflejar aquellas que le dan su tinte -color- característico, además de otras radiaciones que el ser humano no percibe visualmente, pero que indudablemente existen y son recibidas en el cuerpo humano no a nivel visual exclusivamente. Esto por extraño que parezca, tiene una explicación científica. Es que los colores se originan por los pigmentos que tienen la cualidad de absorber o reflejar ciertas ondas según su estructura molecular; estas ondas reflejadas, según se vio en el cap. II, son energía luminosa y como cualquier radiación de energía producen calor, que se propaga igual que cualquier otro tipo de ondas. [50]

"En los hospitales donde se aplica la cromoterapia, las cualidades respectivas de los colores fríos y calientes desempeñan un gran papel". [51]

Una prueba muy antigua y contundente sobre la capacidad de los colores de absorber energía radiada calorífica, consiste en colocar dos trozos de tela de igual tamaño, uno de color blanco y otro negro, sobre un pedazo de hielo y exponerlos al sol; después de cierto tiempo, se hace evidente que el trozo de tela negra absorbió mayor cantidad de energía calorífica al derretir en mayor proporción el hielo que estaba bajo él, que el hielo debajo del trozo de tela blanco; esto indica que el blanco refleja la energía calorífica más eficientemente que el negro. Otra experiencia del dominio común es no utilizar vestidos de color negro en lugares cálidos, porque absorben más la energía calorífica y provoca sofocación.

Tudor Hart hace la clasificación de los colores cálidos-fríos siguiente:

<u>Cálidos</u>	<u>Fríos</u>
Rojo-naranja	Rojo-violeta
Naranja	Violeta
Amarillo-naranja	Azul-violeta
Amarillo	Azul
Amarillo-verde	Azul-verde

Considera al verde y el rojo como neutrales, o sea ausentes de temperatura. (52)

El Dr. en Artes Plásticas Luis G. Serrano propone la siguiente clasificación:

<u>Color</u>	<u>Zona</u>	<u>Grados Temperatura</u>
Violeta	decreciente	45° a 43°
Rojo	ardiente	43° a 36°
Anaranjado	ardiente	36° a 31°
Amarillo	cálido	31° a 29°
Verde	templado	29° a 25°
Azul	frío	25° a 20° (53)

Johannes Itten nos aporta la siguiente clasificación:

<u>Cálidos</u>	<u>Fríos</u>
Amarillo	Amarillo-verde
Amarillo-anaranjado	Verde
Rojo-anaranjado	Azul-verde
Rojo	Azul
Rojo-violeta	Azul-violeta
	Violeta

Considera al rojo-anaranjado como el más cálido y al azul-verde como el color más frío. (54)

Como se puede observar, existen divergencias en la clasificación, pero

lo que es innegable es que sí existe un efecto de calor-frío.

CLASIFICACION DE LOS COLORES PIGMENTO CALIENTES RELACIONADOS CON SUS
COMPLEMENTARIOS FRIOS:

CALIENTES

Amarillo

Amarillo-naranja

Naranja

Rojo-naranja (el más caliente)

Rojo

Rojo-violeta

FRIOS

Violeta

Azul-violeta

Azul (cyan)

Azul-verde (el más frío)

Verde

Amarillo-verde

Al efectuar esta combinación de colores, se obtiene un contraste de complementarios, otro contraste es caliente-frío, y otro contraste claro-oscuro, o sea un triple contraste.

6. CONTRASTE CROMÁTICO

El contraste cromático es todo aquel en el que se juxtaponen dos colores que pueden ser iguales o diferentes en saturación o luminosidad, cuya percepción es atribuida a los conos de la retina que proporcionan la visión fotópica. [cap.III - 2.1].

El contraste claro-oscuro puede ser cromático, como el que se presenta entre un rojo claro y un azul oscuro, o cuando juxtaponemos colores de mayor o menor luminosidad. Para esto basta agregar blanco a un color y negro a otro, o cuando juxtaponemos un violeta de menor luminosidad con un amarillo de mayor luminosidad, produciéndose además el efecto de inducción de los complementarios.

Cabe hacer notar que cuando se mezclan dos colores pigmentos, se provoca una degradación, por lo que su mezcla será más oscura que el color más claro que haya intervenido en la mezcla. [55] Esto es necesario considerarlo cuando se pretende hacer un contraste en donde intervienen colores mezclados.

Al mezclar un color pigmento amarillo con negro se produce un verde; según las proporciones de la mezcla el resultado será una amplia gama de verdes. "Esto se debe a que el amarillo refleja tanto las ondas rojas como las verdes del espectro y la adición del negro neutraliza parcialmente el contenido de rojo en la luz amarilla reflejada, lo que le da una desviación hacia el verde". [56]

También podemos hacer diversos contrastes al mismo tiempo cuando juxtaponemos colores en los que intervenga el color, tono y la brillantez, como el que se presenta con un rojo claro y un verde oscuro, se producen los siguientes contrastes: Contraste simultáneo, contraste claro-oscuro, contraste cromático, contraste caliente-frío.

7. CONTRASTE ACROMÁTICO

El contraste acromático claro-oscuro más obvio es el que produce: blanco-negro, pero dentro de estos dos extremos de tono pueden existir diversidad de gradaciones, que producen efectos del contraste claro-oscuro.

Leonardo Da Vinci en su Tratado de Pintura (57), nos indica que "ni el blanco ni el negro son transparentes"; y a la vez nos dice: "entre colores de blancura equivalente parecerá más cándido aquel que esté sobre un campo más oscuro. El negro si es visto en campo de mayor blancura, parecerá más tenebroso". (58) Reconocía el contraste claro-oscuro y el efecto que se provoca por la inhibición lateral, según se comentó en Cap. III, 3.1.

Un ejemplo del contraste claro-oscuro donde interviene la inhibición lateral y que afecta la Constancia de Brillo (denominada así por A. Gelb (59), se presenta cuando observamos dos círculos del mismo tamaño, uno blanco y otro negro, los cuales tienen un círculo concéntrico más pequeño de color gris neutro idéntico.

Al observar los círculos, se ve más brillante el círculo interior gris que el que se encuentra sobre el círculo negro. A este efecto fisiológico Robert Ratt le denomina irradiación. (60)

Otro efecto sería el que se produce por constancia del brillo, el efecto de difracción y el contraste claro-oscuro, cuando observamos una reja con barrotes de color blanco sobre un fondo oscuro. La sensación visual que se produce, es que los barrotes parecen ser más gruesos de lo que en realidad son. Si al contrario la reja tiene los barrotes negros sobre un fondo blanco o éste está más iluminado, el efecto que produce es la sensación de que los barrotes negros son más delgados que en la realidad. (61)

"Si colocamos un color sobre un fondo oscuro parece más claro y vice-versa".

El rojo queda oscurecido y comparativamente apagado contra el blanco, pero aparece cálido y deslumbrante contra el negro.

El amarillo resulta considerablemente más luminoso contra el fondo oscuro que contra el claro". (62)

8 . AFECTACION EN EL CUERPO HUMANO

En la actualidad, gracias a los conocimientos e investigaciones sobre la luz y sus efectos, podemos decir que sin ella no habría vida tal y como la conocemos. Por otra parte, tenemos el señalamiento de Johannes Itten, sobre la importancia de las cualidades terapéuticas de los colores. (65)

En 1779 Ingenhouz, comprobó y demostró que la luz capacita a la clorofila de los vegetales verdes para disociar el dióxido de carbono (64), lo que da inicio al proceso de la fotosíntesis sin que intervenga en absoluto el calor del sol.

John Ott en su libro publicado en Chicago por Twentieth Century Press - en 1958, comentó que la luz no sólo afecta a las plantas sino también a los animales. Cita algunos ejemplos, como el de las aves que tienen cambios glandulares que motivan su migración en las épocas invernales, cuando se acorta la duración de la luz. Así también, dice que las chinchillas hembras procrean crías machos cuando son expuestas a una proporción mayor de luz de la normal; pero si se emplea una luz azul, las induce a procrear crías hembras. (65)

En la vida microscópica, se ha observado que las células sometidas a la acción de los rayos de luz de color, son afectadas estimulando o inhibiendo su crecimiento, e incluso pueden destruirse. Es por este principio que a las células cancerosas se les aplica rayos de luz de onda ultracorta y de alta frecuencia. (66)

El efecto de la luz visible y otras radiaciones emanadas del sol sobre el cuerpo humano, se conoce desde tiempo tan antiguo como la civilización, según lo afirma Friedrich Ellinger (67): "El conocimiento de la acción terapéutica de la luz es una de las posesiones intelectuales más antigua del hombre", por ello los baños de sol se empleaban desde épocas de los asirios, babilonios, griegos y romanos.

Robert Gerard en su tesis doctoral de la Universidad de California, describe cómo probó las reacciones del organismo humano, por medio de las técnicas más modernas y avanzadas para estudiar los efectos de las luces de color. Colocó electrodos en las palmas de las manos y en cerebro, para mostrar los impulsos del sistema nervioso autónomo. Observó la reacción de las glándulas sudoríparas, la presión sanguínea, el ritmo cardíaco, el ritmo respiratorio, la actividad muscular, la frecuencia de las ondas cerebrales, los parpadeos y los movimientos de los ojos. (68) Por los resultados obtenidos, se puede concluir que la helioterapia y la cromoterapia tienen bases científicas válidas que las sustentan; la helioterapia se emplea para curar el raquitismo, la

tuberculosis ósea y la peritoneal, las úlceras, las dermatitis, etc.

Sus observaciones sobre el efecto fisiológico son las siguientes:

- a) La luz roja incrementa la presión sanguínea, la cual disminuye con la luz azul. Lo mismo sucede con los movimientos y parpadeo ocular.
- b) La luz roja, azul y blanca provocan mayor activación cortical en el cerebro, pero después de 10 minutos de exposición, la actividad cortical se manifiesta en mayor consistencia para el rojo y menor para el azul.
- c) La luz roja promueve una conductancia palmar y actividad cortical mayor, que la luz azul, cuando el estímulo dura más tiempo.
- d) La actividad fisiológica se incrementa iniciando su menor actividad con la luz azul, hasta llegar a la máxima actividad con la luz roja.
- e) La luz azul actúa como un tranquilizante fisiológico, por lo que se emplea en la terapia para la hipertensión sanguínea, como relajante muscular y para tratar espasmos, lumbalgias, temblores, irritaciones de la piel; por su acción sedativa, puede conducir al sueño.
- f) La luz roja puede ser utilizada por sus efectos fisiológicos estimulantes para la hipotensión sanguínea y el tono muscular y contra la depresión y la neurastenia.
- g) La luz blanca es un estimulante fisiológico, pero agota psicológicamente.

El autor de quien hablamos asocia los efectos de la luz roja con los colores rojo, naranja, amarillo y los de la luz azul con los colores verdes y violeta.

Esta última observación es de particular importancia, en mi opinión - puesto que efectivamente los colores rojo, naranja y amarillo contienen en su reflexión rayos infrarrojos, que van de mayor a menor cantidad en el rojo, el anaranjado y el amarillo. Por el otro lado, los colores violeta, añil, azul y verde contienen rayos ultravioleta que van de mayor cantidad en el violeta y disminuyen hasta llegar al color verde. Esto es comprensible dado que, el espectro solar incluye no sólo a las radiaciones que producen la sensación de los colores sino también a los rayos infrarrojos, los ultravioleta y los rayos X, aunque sus rangos y límites no son definibles estrictamente como lo señalan algunos autores. Es por esto, que al considerar el efecto de los colores sobre el cuerpo humano no sólo se debe considerar lo circunscrito a las -

ondas que producen los colores sino también a las demás radiaciones que se encuentran incluídas. Esto será comentado más adelante.

Reginald Roberts en su libro *Psicología del color* (69), hace los siguientes análisis sobre los efectos de la luz en el hombre:

- a) Grupo de luz de color del rojo al naranja:
- La luz que surge de un filtro rojo, tiene una radiación que contiene rayos infrarrojos que son de gran penetración en el organismo humano.
 - Tiene efectos sobre la sangre ya que aumenta la presión sanguínea, provoca leucopenia y eosinofilia e incrementa la glucólisis en la sangre.
 - Activa la adrenalina e inhibe la insulina sin causar efectos sobre la tiroidina.
 - Actúa sobre el sistema nervioso, porque tiene una acción vagotónica (Esto ya lo comentaba Goethe).
 - Destruye el efecto antirraquítico de la vitamina D.

Propiedades terapéuticas:

- Se emplea para curar la depresión y la melancolía por su efecto estimulante.
 - Como tiene la cualidad de incrementar las hormonas gonadotrópicas por estimulación de la tiroides, se emplea para curar la hipoplasia genital, al aplicarla sobre la membrana dismenorréica secundaria.
 - Tiene una acción benéfica en casos de varicela porque atenúa los efectos irritantes al excluir las radiaciones de longitud de onda corta (ultravioleta), así se evitan cicatrices; esto era conocido desde la Edad Media.
 - Acelera el poder reproductivo de los tejidos y tiene un efecto antiléptico.
- b) La luz amarilla: alivia los músculos contractados y la tortícolis, estimula la mente cansada e introvertida. Produce efectos estimulantes en el hígado e intestinos. Se emplea también para curar depresión en los pacientes maniaco-depresivos.
- c) Grupo de la luz azul al violeta:
- Tiene efectos antagónicos al grupo rojo-naranja, en especial a lo que

se refiere al metabolismo.

- Destruye la adrenalina y activa la insulina lo que hace bajar el azúcar en la sangre.
- Provoca anemia local después de una exposición prolongada.
- Inhibe las hormonas gonadotrópicas.
- Tiene efecto simpaticotónico.

Sus efectos terapéuticos son:

- Facilita la oxidación de los tejidos, es sedante vascular y baja la temperatura del cuerpo.
 - Tiene efectos sedantes sobre el sistema nervioso, como lo comenta Goethe en "Science of Color".
 - Afecta la enzima respiratoria, según O. Warburg.
 - Es desinflamatorio, calma el dolor.
 - Tiene una acción tranquilizadora y es estimulante de los procesos intelectuales, facilita la introspección.
 - Se emplea en casos de epilepsia y apoplejía. Tranquiliza a los pacientes con alteraciones nerviosas y mentales.
- d) La luz verde: estabiliza el organismo humano, proporciona paz y tranquilidad a las personas emotivas o histéricas, al actuar sobre el sistema nervioso-simpático y parasimpático-, para lo cual se aplica sobre la columna vertebral y sus ramificaciones.
- e) La luz de color indigo: se emplea para calmar personas irritables e irascible.
- Se emplea en el reumatismo muscular y otros padecimientos que impliquen inflamación.
 - Restituyente del tono y fuerza, en atrofas musculares.
 - Alivia el dolor, actúa sobre las fibras nerviosas.
- f) La luz de color violeta: es altamente anestésica, se emplea en las extracciones dentales indoloras y también por los ginecólogos para partos sin dolor.
- Se emplea para destruir el crecimiento celular anormal, esto es debido al alto grado de radiación ultravioleta que posee.
 - Tranquiliza los nervios.

Los rayos infrarrojos:

Los rayos infrarrojos son de una longitud de onda de 0.04 μ m. a 0.75 μ m,

producen calor dentro del cuerpo humano; son de gran penetración en la piel - y músculos; son emitidos por cuerpos cálidos sean luminosos o no, o cuando se efectúa una descarga eléctrica en un gas como en tubo de neón. La radiación solar emite gran cantidad de estos rayos.

"El estudio de la radiación infrarroja es interesante porque ha demostrado que mientras el hombre vive, la sustancia de su piel absorbe rayos cósmicos electromagnéticos que calientan y energizan los átomos de las capas exteriores en las que el calor se transmite de átomo a átomo, de célula a célula, mediante las fibras nerviosas, hasta los lugares más profundos y se distribuye a todas partes por medio de la sangre". (70)

Como ya se dijo en 1800 Herschell descubrió que los colores tenían cada uno de ellos su propia temperatura y que existían radiaciones no visibles - con mayor temperatura que el color rojo del espectro, con lo que mostró que los colores incluyen estas radiaciones térmicas.

Por su acción terapéutica son vasodilatadores, desinflamantes y activan la circulación.

Provocan daños en la piel y quemadura retinal que puede ser permanente, llamada lesión térmica cuando hay destrucción de las células retinales - conos y bastones - lo que ocurre cuando se rebasan los 37°C.

Los rayos infrarrojos debilitan la acción bactericida de los rayos ultravioleta y bloquean el efecto anti raquitico de la vitamina D.

Producen cataratas en el cristalino según descubrió A. Vogt, al examinar a los trabajadores de fundiciones de metal y vidrio. (71)

Faber Birren refiere que se han reportado varios casos de pacientes mentales y nerviosos que han disminuido sus ataques clínicos, al emplear lentes especiales que bloquean los rayos infrarrojos, a pesar de que se les haya suspendido la medicación. (72)

Los rayos ultravioleta:

Los rayos ultravioleta son de una longitud de onda de 400 μ a 3 μ , su mayor alcance se encuentra ubicado bajo las ondas violeta del espectro, fueron destacados por Ritter y Wollaston el año 1802. (73) Tienen su origen en las emisiones del sol, arco eléctrico, lámparas de mercurio y cualquier emisión química o cuerpos expuestos a grandes temperaturas, como la reacción nuclear; son de un bajo efecto calorífico, se encuentran incluidos en el rango de las ondas de color violeta, azul, añil y verde. En éstos últimos se encuen

tra el más bajo contenido de rayos ultravioleta, de lo cual se deriva que se clasifiquen como colores fríos.

La gran parte de las modificaciones o alteraciones provocadas por la luz se debe a los rayos ultravioleta, por sus reacciones fotoquímicas marcadamente activas. Por ende afectan las pinturas murales y cualquier pigmento que se exponga a su acción. El blanco de cinc, que utilizan los pintores ennegrece y al conjuntarse con el calor, la humedad y el aire, las pinturas terminan por agrietarse y oscurecerse.

En la iluminación artificial actual se encuentran en mayor cantidad estos rayos. Se emplean para producir efectos fluorescentes en el teatro y salones de baile; se les conoce con el nombre de "luz negra". Se perciben marcadamente en lugares oscuros en los cuales se emplea la luz negra, sobre tejidos teñidos de blanco y sobre papel pintado con los colores llamados fluorescentes que hacen que la luz ultravioleta sea visible al ojo humano.

Los rayos ultravioleta tienen propiedades bactericidas, destruyen ciertos microorganismos y esterilizan materiales, el agua y el aire, según fue descubierto por Downs y Blunt en Inglaterra en 1877. [74]

Al ser humano le causan irritación, inflamación, quemaduras en la piel y la pigmentación; su excesiva radiación origina productos inactivos, provocan cáncer en la piel, así como el síndrome de insolación. En el ojo humano provoca edema en el epitelio -primera capa de los tejidos de la conjuntiva y la córnea. La retina puede tener un daño fotoquímico, cuando absorbe un exceso de luz ultravioleta. A este respecto se debe comentar que el umbral fotoquímico de la retina es mucho menor que el umbral térmico que se refiere a los rayos infrarrojos. Este efecto se presenta al observar directamente el sol, y por refracción de la luz en la nieve o la pintura blanca, y sin protección los trabajos de la soldadura eléctrica.

Son indispensables para el ser humano por su capacidad de sintetizar la vitamina D, de poder antirraquítico, al convertir el ergosterol del tejido celular subcutáneo en calciferol -vitamina D-.

A. Kelner descubrió que los efectos perniciosos de la luz ultravioleta pueden ser bloqueados y revertir sus efectos por medio de la luz visible. Esto lo corroboraron A. F. Rice y S. D. Carlson, quienes además descubrieron que la luz roja centelleante provoca epilepsia fotogénica, porque induce ondas cerebrales muy superiores a las que produce cualquier otro color.

Niels R. Finzen, en 1896, escribió sobre la acción química de las radia-

ciones luminosas -actinismo-. Fundó el Instituto de la Luz para la cura de la tuberculosis, utilizó rayos artificiales ultravioleta y luz solar para dicho efecto, con lo cual gana el premio Nobel en 1903. Mencionó que la luz roja era adecuada para evitar cicatrices de viruela.

Recientes estudios sobre cáncer de piel han reportado que la mayoría son producidos por los rayos ultravioleta A y B; los primeros tienen una penetración mayor, pues atraviesan la epidermis y la dermis, originan cánceres más profundos; los segundos, son de una longitud de onda más corta, que quema la epidermis, causan cáncer de piel superficial al modificar el DNA de las células.

Los rayos X:-

Los rayos X o Roentgen con longitud de 600 a 0.30, tienen en capacidad de atravesar materiales opacos como el plomo de hasta 5 cms. de espesor; se emplean en radiodiagnóstico. Desarrollan efectos biológicos cuando la longitud de onda alcanza cifras inferiores a 10 Å. La reacción de las células no varía cualitativamente con los rayos X, pero los signos y síntomas difieren según la intensidad de las radiaciones y la sensibilidad de los tejidos irradiados. Así lo señalan las Leyes de Bergmannier-Tribondeau, que indica: "Las células son tanto más sensibles a las radiaciones cuanto mayor sea su capacidad de reproducción y menos definidas se hallen en su morfología y función". (75)

Originan por exposición prolongada, conjuntivitis crónica e incluso pueden producir cataratas en el cristalino.

La observación directa de la luz puede provocar lesiones irreversibles en 15 segundos, en el centro de la retina. Se denomina a este daño retinitis macular, por los efectos de la radiación de los rayos infrarrojos, los ultravioleta, los X y la luz visible.

Leprince en su libro "A la vanguardia de la medicina", comenta que se constató que la piel expuesta al sol contenía un exceso de colesterolina, al igual que los cánceres cutáneos. Al investigar el efecto de las luces, descubrió que las células cancerosas proliferan bajo la irradiación de la luz roja (rayos infrarrojos) y que no se desarrollan bajo la luz azul o violeta (por su alto contenido de rayos ultravioleta).

Así mismo comenta que la intensidad de la fuente luminosa es de gran relevancia en los efectos sobre el organismo. Descubrió que una fuente lumi-

nosa con una intensidad de 100 bujías activa el crecimiento de los tejidos - en el organismo, pero tratándose de tejido neoplástico, tumor o cáncer, sólo se requiere una intensidad de 50 bujías para activar su crecimiento. (76)

Los colores pigmento y el color de los cuerpos:-

En relación con los colores pigmento y el color de los cuerpos (ver - Cap. II, 6 y 7), se puede decir que tienen efectos similares a los descritos sobre las luces de color, pero están circunscritos a la extensión que cubren, a la cantidad y calidad de la luz incidente y al tiempo de exposición; además, debemos recordar que el color pigmento es el resultado de la reflexión de la luz incidente que no es absorbida, por las cualidades físicas del pigmento y/o la estructura molecular del objeto que posee la cualidad de color. En otras palabras, los colores pigmento y los colores de los objetos que rodean al hombre, son "filtros" que pueden tener diferentes capacidades de reflexión, lo cual afecta al hombre, sin olvidar que también reflejan radiaciones ultravioleta, infrarroja y X.

La Dra. Georgina Ortíz Hernández acota: "se ha encontrado que el rojo - es excitante por su efecto sobre el sistema nervioso (en el simpático autónomo) produciendo que la presión sanguínea suba, aumenta el ritmo cardíaco y - respiratorio, surtiendo el efecto contrario al exponer al individuo frente - al azul". (77) Reginald Roberts dice que el azul es sedante vascular y baja la temperatura. (78) Johannes Itten menciona que el grupo azul-verde tranquiliza la circulación; el rojo y el anaranjado activan la circulación. (79)

Brosig en su libro "La cura por los colores" reconoce el efecto benéfico del color naranja para la digestión. (80) Maurice Dérivière señala que el color naranja "es un color fisiológicamente activo y capaz de facilitar la - digestión". (81) "El color verde es esencialmente equilibrante del sistema nervioso... Esto era reconocido desde mucho antes que la ciencia actual hubiere podido explicarlo mediante medidas de tensión sanguínea y de tensión nerviosa". Y dice que el color azul es tranquilo, reposante, incluso un poco soporífero.

El cuerpo humano es afectado por las radiaciones ya sean las de la luz visible que nos permiten tener la sensación del color, como las radiaciones invisibles al ojo humano, que son los rayos ultravioleta, infrarrojos y X.

CAPITULO III: FENOMENO FISIOLÓGICO

- (1) Johannes Itten. Arte y Color. París, Bouret, 1975. pág.13
- (2) Robert Rat. Luz y colores óptica u química. Buenos Aires, Leru, 1954. - pág.34.
- (3) Conrad Mueller y Mae Rudolf. Luz y visión. United States, Time Inc. 1969. pág.11.
- (4) Ronald H. Forgas y Lawrence E. Melamed. Percepción. México, Trillas, 1989. - pág.78.
- (5) Harold Küppers. Fundamentos de la teoría de los colores. Barcelona, Gili, 1980. pág.5.
- (6) Harold Küppers. Op.cit. pág.129.
- (7) Conrad Mueller y Mae Rudolf. Op.cit. pág.108.
- (8) Ibid., pág.117 y también
Ronald H. Forgas y Lawrence E. Melamed. Op.cit. pág.118.
- (9) Conrad Mueller y Mae Rudolf. Op.cit. pág.123
- (10) Rudolf Arnheim. Arte u percepción visual. México, Alianza, 1985, pág.373.
- (11) Johannes Itten. Op.cit. pág.20.
- (12) Ibid., pág.20.
- (13) Conrad Mueller y Mae Rudolf. Op.cit. pág.126.
- (14) Ibid., pág.167.
- (15) Investigación y ciencia. Barcelona, Prensa Científica, febrero 1978. No. 17, pág.64.
- (16) Ibid., pág.66.
- (17) Ronald H. Forgas y Lawrence E. Melamed. Op.cit. pág.103
- (18) Harold Küppers' Op.cit. pág.27.
- (19) Maurice Dèribèré. El color. México. Diana, 1967, pág.10-11
- (20) Robert Rat. Op.cit. pág.78.
- (21) Arthur C. Guyton. Tratado de fisiología médica. México, Interamericana, - 1971, pág.653
- (22) Ronald H. Forgas y Lawrence E. Melamed. Op.cit. pág.84.
- (23) Ibid. pág.87-88
- (24) Conrad Mueller y Mae Rudolf. Op.cit. pág.164.
- (25) Ronald H. Forgas y Lawrence E. Melamed. Op.cit. pág.121-122.
- (26) Ibid. pág.122.
- (27) Johannes Itten. Op.cit. pág.21.

- (28) Ibid., pág. 44.
- (29) José Parramon. Teoría y práctica del color. Barcelona, Parramon, 1986, - pág. 44.
- (30) Rudolf Arnheim. Op.cit. pág. 372.
- (31) Johannes Itten. Op.cit. pág. 59.
- (32) Ibid., pág. 20 y 49.
- (33) Ibid., pág. 20.
- (34) Conrad Mueller y Mae Rudolf. Op.cit. pág. 122.
- (35) Ibid. pág. 123.
- (36) Ibid. pág. 122.
- (37) Ibid. pág. 167.
- (38) Johannes Itten. Op.cit. pág. 19 y también Rudolf Arnheim. Op.cit. pág. 392.
- (39) El gran libro del color, Barcelona, Blume, 1962, pág. 243, y también Hiler Hilarie. The Painter's Pocket Book. Londres, Jan Gordon, 1970, - pág. 237.
- (40) Leonardo Da Vinci. Tratado de Pintura. Madrid, Ed. Nacional, 1982. pág. - 251.
- (41) José Parramon. Op.cit. pág. 41.
- (42) Johannes Itten. Op.cit. pág. 19.
- (43) José Parramon. Op.cit. pág. 42.
- (44) Hiler Hilarie. Op.cit. pág. 237.
- (45) Malins Frealbrick. Cómo mirar un cuadro. Madrid, Blume, 1975, pág. 99.
- (46) José Parramon. Op.cit. pág. 47.
- (47) Johannes Itten. Op.cit. pág. 18.
- (48) José Parramon. Op.cit. pág. 47.
- (49) Robert Kat. Op.cit. pág. 60.
- (50) Salvador Mosqueira. Física general. México, Patria, 1989, pág. 249.
- (51) Johannes Itten. Op.cit. pág. 45.
- (52) Hiler Hilarie. Op.cit. pág. 239-240.
- (53) Luis G. Serrano. Las sensaciones psicológicas que producen los colores. México, UNAM, 1963. s/pág.
- (54) Johannes Itten. Op.cit. pág. 45.
- (55) El gran libro del color. Op.cit. pág. 228.
- (56) Ibid. pág. 238.
- (57) Leonardo Di Vinci. Op.cit. pág. 250.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

- (58) Ibid. pág.251.
- (59) Ronald H. Fergus y Lawrence E. Melamed. Op.cit. pág.176.
- (60) Robert Rat. Op.cit. pág.38.
- (61) Ibid. pág.39.
- (62) Matins Freatbrick. Op.cit. pág.100.
- (63) Johannes Itten. Op.cit. pág.45.
- (64) Reginald Roberts. Psicología del color. México, Yug, 1989, pág.61.
- (65) Faber Birren. Color psychology and color therapy. New Jersey EUA, University Books. 1961, pág.276.
- (66) Reginald Roberts. Op.cit. pág.74.
- (67) Faber Birren. Op.cit. pág.75.
- (68) Ibid. pág.272-275.
- (69) Reginald Roberts. Op.cit. pág.191-197.
- (70) Ibid. pág.79.
- (71) Faber Birren. Op.cit. pág.75.
- (72) Ibid. pág.278.
- (73) Reginald Roberts. Op.cit. pág.81.
- (74) Faber Birren. Op.cit. pág.76.
- (75) Enciclopedia Salvat. Barcelona, Salvat, 1971, pág.2815.
- (76) A. Leprince. A la vanguardia de la medicina. Vangies, París, 1952. pág. - 115.
- (77) Georgina Ortiz H. El significado de los colores. México, Tesis UNAM. - - 1984. pág.318.
- (78) Reginald Roberts. Op.cit. pág.43.
- (79) Johannes Itten. Op.cit. pág.45.
- (80) F. Brosig. La cura por los colores. Buenos Aires, Kier, 1988. pág.39.
- (81) Maurice Dérivière. Op.cit. pág.96.

C A P I T U L O IV

FENOMENOS PSICOLÓGICOS

1. SENSO PERCEPCION

El presente capítulo tiene por objeto mostrar el efecto del color en la psique humana y se basa en los estudios de diversos autores, que contemplan el efecto del color desde variados aspectos psicológicos como: inteligencia, personalidad, simbólico, cognocitivo, anímico, comunicativo, etc.

Con el propósito de esclarecer el hecho de que el color afecta la psique humana conviene definir lo que es percepción, sensación, sentimiento, emoción y afecto.

La percepción es el acto de interpretar un estímulo, que es recibido por el cerebro por uno o más mecanismos sensorios; lo cual implica la comprensión de una situación presente sobre la base de experiencias sensoriales pasadas, conjuntamente con nuestros sentimientos presentes en el momento, prejuicios, deseos, actitudes y fines generales. [1]

En otras palabras la percepción visual implica "leer" en las imágenes retinianas, un sinnúmero de características de los objetos que pueden o no estar representadas directamente en las imágenes del ojo. La imagen no proporciona directamente todas las características de los objetos, si son: pesados o ligeros, fríos o calientes, duros o blandos, etc. Los psicólogos creen actualmente que el aprendizaje perceptual individual es muy importante para asociar las propiedades o características de los objetos con las imágenes retinianas. Este aprendizaje individual o conocimiento heredado permite la asociación de la imagen visual con características no visuales, por lo cual es de suma importancia para la percepción, pues sin esto se tendría un mero comportamiento de estímulo respuesta. [2]

La sensación es el acto de recepción de un estímulo por nuestros mecanismos sensorios.

El sentimiento es un estado afectivo, con todas las implicaciones del amor: empatía, simpatía, celos, rechazo, odio, etc.

La emoción es un reflejo afectivo caracterizado por cambios en los sentimientos, comportamiento y excitación interior, tiene una base hereditaria, que es afectada posteriormente por el medio afectivo que rodea al ser humano y conforma su historia del aprendizaje emocional, que lo hace evolucionar a la madurez afectiva. [3]

Las actividades del hombre están teñidas de emociones ya placenteras como: amor, alegría, felicidad, esperanza, o desagradables como: miedo, temor, ansia, disgusto, odio, ira, cólera, rechazo y desesperación que impli-

can sufrimiento.

Al respecto Rudolf Arnheim comenta que "una emoción no es producto de la mente activamente organizadora: únicamente presupone una clase de actitud abierta, que, por ejemplo, una persona deprimida puede no tener. la emoción nos alcanza como el color. La forma, en cambio, parece exigir una respuesta más activa... Hablando en términos amplios, en la visión del color la acción parte del objeto y afecta a la persona, pero la percepción de la forma es la mente organizadora la que sale hacia el objeto. Una aplicación literal de esta teoría podría llevar a la conclusión de que el color produce una experiencia esencialmente emocional, mientras que la forma corresponde al control intelectual. Semejante formulación parece demasiado estrecha, sobre todo con respecto al arte" (4)

El mismo Rudolf cita a Goethe para indicar que el efecto emocional se reconocía en forma empírica al citar que "los colores aislados nos afectan, -por así decirlo, patológicamente, aisrándonos a particulares sentimientos. Vidamente afanoso o blandamente anhelantes, nos sentimos elevados hacia lo noble o rebajados hacia lo vulgar". (5)

Johannes Itten comenta al respecto que "los colores irradian fuerzas - generadoras de energía que producen en nosotros una acción positiva o negativa, tengamos o no conciencia de ello". (6) Es por esto que el psicólogo investiga la acción del color sobre el subconciente abarcando su simbolismo, - su definición y sus límites, los cuales son cuestiones que debe resolver la psicología. Itten cita que Goethe ya consideraba que los efectos de los colores con su acción sensible y moral pertenecen al campo de la psicología; con cluye que "el artista que quiera conocer el efecto de los colores desde el -plano estético, debe estar al tanto de conocimientos fisiológicos y psicológicos". Dado que los colores proveen sensaciones psíquicas, Kandinsky en -1908 empezó a pintar cuadros sin objeto, consideraba que cada color posee su propio poder de expresión, gracias a lo cual era posible expresar realidades espirituales sin objeto significativo. Encontramos entre otros artistas que emplearon el color por su fuerza de expresión psíquica al Greco y Grünewald. (7)

F. Grosig nos dice que el color puede actuar en forma endógena al mencionar que "el pintor que hace visible en sus cuadros sus impresiones o representaciones, íntimas mediante el colorido correspondiente, es un maestro de la imaginación del color; primero ve interiormente los colores tal como -

deben ser, luego los mezcla sobre la paleta y los ubica en su lugar en el cuadro". (8) Esto nos muestra que hay una proyección del interior del alma en la obra de un artista y que esta proyección está relacionada con la personalidad y el carácter del artista, así como, con sus emociones interiores que prevalecen en el momento de la creación artística. Por lo que se puede asentar que una pintura es un lenguaje no verbal, por medio del cual se transmite una información tamizada de las emociones, carácter y personalidad que proyecta el artista, porque el color afecta exageradamente al ser humano ya en forma endógena o exógena afectando fisiológicamente o psicológicamente.

Reginal Roberts en su libro Psicología del Color, a su vez menciona que, el consciente es afectado cuando el color provoca una sensación y que a su vez afecta la mente subconsciente dando lugar a una reacción emocional. (9)

Goethe ya comentaba "...que las distintas impresiones cromáticas no pueden confundirse; que obran en forma específica y necesariamente crean estados específicos en el órgano vivo, y también en el alma. La experiencia nos enseña que los distintos colores determinan estados de ánimo bien definidos". (10) Reforzando la postura empírica en el Gran libro del color (11) encontramos la cita: "No es la psicología, sino la experiencia común la que atestigua el hecho de que el color influye en el humor y en los sentimientos". Así mismo, comenta que "existe cierta evidencia que nos sugiere que la luz de diferentes colores, al penetrar en el ojo puede afectar indirectamente al centro de las emociones en el hipotálamo, lo cual a su vez afecta a la glándula pituitaria. Esta glándula maestra, controla todo el sistema endocrino, incluyendo la tiroides y las glándulas sexuales y gobierna de este modo los niveles hormonales de dicho sistema y los humores que de él dependen".

También se debe considerar que el hombre asocia lo que ve con sus vivencias y con su aprendizaje de las cosas que están en el medio ambiente, de lo que se derivan variados fenómenos psicológicos, entre los que tenemos la "empatía" o introyección afectiva que menciona Theodor Lipps, que se presenta cuando la emoción estética se basa en los fenómenos de proyección, imitación o apropiación del contenido de la obra artística. Johannes Itten insinúa la empatía al comentar que "un individuo sensible a los colores puede sentirse herido psíquicamente por los colores que no le sean simpáticos". (12) Kandinsky, comenta que la asociación mental no es suficiente para explicar, el efecto que produce el color sobre la psique y que por lo general, el color es un medio que ejerce una influencia directa sobre el alma. (13)

cita que "el color es la tecla, el ojo el mazo y el alma es el piano con cuerdas. El artista es la mano, que mediante una u otra tecla, hace vibrar adecuadamente el alma humana". (14) "El ser humano está constantemente expuesto a irradiaciones psicológicas, cuyos efectos pueden permanecer en el subconsciente o pasar a la conciencia". (15)

Marshall McLuhan menciona que "cuando se trabaja con colores, se trabaja a un nivel subsimbólico. Existe una jerarquía de la comunicación. En la cima están las palabras: símbolos de primer orden. A continuación vienen las ilustraciones y los símbolos propiamente dichos, como coronas, cruces, etc. luego está el mundo subsimbólico del color. El color es tan primitivo que las reacciones al color pueden estar más cerca de la fisiología que de la percepción..." (16)

El psiquiatra Carl Gustav Jung comenta que "en sus investigaciones de la personalidad humana, advirtió que los pacientes repetían determinados símbolos y colores en sus sueños y dibujos. Llegando a la conclusión de que se trataba de expresiones de un inconsciente compartido, de una memoria más remota y que está encerrada en las trastiendas más oscuras de nuestra mente". (17)

En 1930, Jung al estudiar los textos sobre alquimia antigua, comprendió que el objetivo real del alquimista era la purificación y la transformación del propio yo. Estos textos eran un problema psíquico bajo un disfraz químico, con lo que concluye que los símbolos y colores que describen cada fase de la obra del alquimista se corresponden exactamente con imágenes que aparecen en los sueños de sus pacientes. Incluso que "había encontrado la clave: las experiencias del alquimista eran mis experiencias y su mundo era mi mundo... habla topado con la contraparte histórica de mi psicología del inconsciente". (18) Por medio del registro histórico de los sueños de sus pacientes, Jung hace analogías detalladas entre el proceso alquimista y la maduración psicológica que consideraba indispensable para la salud mental. Comenta que "el espectro básico del alquimista es el: negro, blanco, rojo, verde y oro".

Para Le Heart cada color representa ciertos tipos de vibración emocional, además de que cada color del arco iris corresponde a un período de diez años de la vida del hombre y representa las cualidades espirituales de cada etapa de diez años, considera el rojo como la primera etapa, después el naranja, el amarillo, verde, azul, violeta y por último indigo que representa la etapa de los sesenta años. (19)

Birren Faber en su libro Color Psychology and Color Therapy, (20) nos muestra las conclusiones de sus investigaciones de la forma siguiente:

1. Los colores cálidos y luminosos como el amarillo, durazno y rosa con buena iluminación, tienden a hacer que se dirija la atención afuera del propio cuerpo, por lo que, los considero como centrífugos y que siempre aumentan la actividad general, los alertas y la orientación. Kandinsky los califica como excéntricos, nota así la analogía con el efecto centrífugo citado. (21)
2. Los colores gris, azul, verde, turquesa, considerados fríos de baja luminosidad o brillantez, tienen acción centrípeta, porque permiten la concentración visual y mental, evitan la distracción, facilitan la introspección. Kandinsky indica que estos colores tienen un efecto concéntrico análogo a la acción centrípeta. (22) Una ambientación con los colores mencionados es apropiada para trabajos que requieren concentración como oficinas, estudios, ensamblado fino industrial, etc.
3. Aparentemente las personas nerviosas y los niños pequeños encuentran relajación en ambientes activamente coloreados; la razón es simple porque la excitación visual y emocional del ambiente efectivamente coincide con el espíritu de tales personas y por esto los hace estar en armonía con el ambiente, lo que les provoca tranquilidad.
4. Las personas estables y equánimes, ordinariamente prefieren un ambiente sereno que les proporcione la ecuanimidad que ellas innatamente prefieren. El empleo de la ropa de colores llamativos como podría ser el rojo, a estas personas tranquilas y reposadas les provoca el incremento de su tonidez, desconcierto, vergüenza y molestia.
5. En casos de disturbios mentales se debe conocer la aplicación del color adecuado; a una persona de temperamento colérico o actitudes agresivas y hostiles se le debe exponer a un ambiente de colores fríos de preferencia el azul. Las personas melancólicas o deprimidas sólo toleran ropa de colores grises y negros o colores parduscos, su ambiente preferido es la gama de los azules y violetas, estas personas deben ser expuestas a colores cálidos como el rojo para producir una activación anímica y fisiológica. (23)

2. TESTS CROMATICOS

En psiquiatría se emplean diversos tests combinándolos con el fin de establecer un diagnóstico, que permita definir la patología, personalidad o estado anímico del ser humano. Entre los tests empleados encontramos los referidos al color como los conocidos de Rorschach, Lüscher, Franceschini y Reginald Roberts, etc. Debido a que el color se asocia con el afecto (emociones), que es el término psicoanalítico con el que se designan los deseos, impulsos y exigencias, contraponiendo así el aspecto emocional con el intelectual de la vida.

Los psicoanalistas freudianos relacionan los colores con las funciones corporales de tal forma que: Sangre=rojo, las heces=amarillo o café o marrón.

Rorschach reconocido por su test de manchas de tinta, descubrió que un estado anímico alegre, favorece las respuestas cromáticas, mientras que las personas deprimidas reaccionan con mayor frecuencia a la forma. Así mismo, indicaba que el predominio del color mostraba una actitud abierta a los estímulos externos; decía que estas personas eran sensibles, fácilmente influenciadas, inestables, desorganizadas, proclives al estallido emocional. (24)

El Dr. Lüscher profesor de psicología en la Universidad de Basilea. En Europa hizo estudios sobre el efecto del color en la mente humana, gracias a lo cual desarrolló su "test cromático", pues llegó a la conclusión de que los colores tenían un "valor emocional" y que además la preferencia o aversión de un individuo por un color revela aspectos básicos de su personalidad. Cita que cuando hay preferencia marcada por el color azul denota una necesidad de paz y tranquilidad, mientras que su rechazo indica el deseo de cambio completo de situación y circunstancias. La preferencia por el rojo y el amarillo significa deseo de experiencias y expansión. El negro y rojo significan excitación sorpresiva, destruir lo que no se puede dominar. En relación a la combinación amarillo y verde comenta que va más allá de lo estético; con la cual se identifican las personas ambiciosas, que muestran un deseo de probarse a sí mismas al alcanzar un reconocimiento social. (25)

Algunos de los tests del color tienen como intención de determinar la personalidad del ser humano de acuerdo a la selección, por preferencia de una serie de colores.

Como un ejemplo, el presentado por Reginald Roberts (26) donde muestra una escala de gradaciones de 7 tonos por cada color, realizados en acuarela del más claro que representa la parte más positiva del carácter y la personalidad hasta llegar a la posición séptima que representa la parte más negati-

va; considerando la escala mencionada tenemos que para:

EL ROJO:

positivo

creativo
fuerza de voluntad
animador
activo-dinámico
tenaz
crítico

negativo

irritable
mal carácter
discute
explosivo
irascible
nervioso-inquieto
lujurioso
ardiente
brutal
intolerante
sádico
depravación sexual
sicario
destructor

EL AMARILLO:

positivo

espiritual
compasivo
pacifista
afectuoso
positivo
intelectual

negativo

celoso
fluctuante
algo de inferioridad
melancólico
temeroso
rencoroso

traicionero
sin escrúpulos
perezoso
descuidado
olvidadizo
cobarde
confusión mental
envidioso
egoista
pervertido

EL AZUL:
positivo

investigador
artista
científico
inteligente
idealista
intelectual
maestro
creyente
leal
veraz

negativo

intuitivo
emocional
emotivo
caprichoso
inestable
indeciso
tonto
sin iniciativa
sin voluntad
esnobista
pretensioso
engreído
cínico
injusto
astuto

EL NARANJA:

positivo

valeroso
bondadoso
tolerante
con voluntad
vitalidad

negativo

inferioridad
irritable
factancioso
inmoderado
sensual
lujurioso
perezoso
amargado
hedonista
materialista

EL VERDE:

positivo

organizador
armonioso
productivo
práctico
estable
realista

negativo

algo inseguro, inferioridad
materialista
envidioso
dictador
sin intuición
celoso
miserable
codicioso-egoísta
lascivia
jugador
rastrero

EL VIOLETA:

positivo

místico
líder religioso
reformador
creativo
desinteresado
gran inteligencia
humanitario
comprensivo
muy intuitivo
noble
tolerante

negativo

complejo de poder
inestabilidad emocional
egoísta
muy perezoso
apasionado
ritualista
sádico
traicionero
lujurioso
perversión sexual
destrutivo

AZUL OSCURO,

indigo, añil:

positivo

piadoso
orador
escritor
intelectual
maestro
no materialista
religioso
no mundano
espiritual

negativo

depresivo
melancólico
prejuiciado
dogmático
rigorista
radical
falsa religiosidad
egocéntrico
fanático religioso
mentiroso
presuntuoso-intelectual
desleal
depravado
mitómano
cruel

3. CONSTANCIA DEL COLOR

El fenómeno de la constancia del color fue formulado por David Katz en 1935 escritor de diversos libros entre los cuales escribió "The World of Color". Katz describe en forma simple este fenómeno al citar que "el color que percibe el hombre es en gran medida independiente de la intensidad y de la longitud de onda de la luz que refleja". [27] Para ejemplificarlo menciona que si se observa un objeto conocido, que a la luz del día es blanco, el hombre mantiene perceptivamente esa estabilidad de color, a pesar de que se disminuya la cantidad de luz. Con esto se demuestra que el color no es solamente registrado por el ojo, sino también por la mente, en la que el color puede permanecer constante, conocido esto como memoria del color, a pesar de cambios drásticos de luz.

El ojo humano tiene la capacidad de adecuarse a la cantidad de luz ambiental hasta cierto límite y transmite su señal o información visual por impulsos eléctricos, donde se lleva a cabo un proceso de asociación o analogación con sus vivencias, gracias a la memoria visual, con lo cual le da color y forma a los objetos que ya conoce aún cuando la falta de luz no pudiera permitirle al ojo definirlo.

Forgus al analizar este fenómeno en su libro "Percepción" [28], en donde indica que el hombre requiere de constancias perceptivas, dicho de otra forma, al hombre en su andar cotidiano no le sería factible el vivir en el mundo, si no estableciera propiedades constantes de los objetos que lo circundan, porque su umbral de adaptación tiene límites, de otra forma sería caótico que el mundo exterior cambiara su percepción constantemente debido a diversas situaciones como la iluminación.

Forgus anota que la constancia del color es la primera constante de la percepción y que se encuentra organizada en el segundo nivel de la jerarquía perceptiva; o sea, por debajo de los niveles que requieren de la memoria o de la intervención contextual del almacenamiento a largo término. La cual incluye la luz acromática denominándole constancia de brillo, luminosidad o blancura y a la luz cromática le denomina constancia de matiz o simplemente color.

El pintor Claude Monet fue uno de los que estudiaron el efecto de la luz cambiante, como lo vemos en su serie de pinturas de la Catedral de Rouen, con lo que se percata de que el pintor puede dar diferentes aspectos a la iluminación de un cuadro con sólo manipular los colores de las superficies en las cuales incide.

El pintor debe conocer este fenómeno para que su obra produzca el mensa-

je que pretende transmitir al observador de su obra. Como sería provocar la sensación correcta de un paisaje visto al atardecer o provocar premeditadamente en el observador una sensación de molestia, desagrado, rechazo o angustia. Como el producido al pintar objetos conocidos de colores diferentes o pintar caras humanas de color verde esmeralda o limón con sombras azul cian; estos ejemplos provocan las sensaciones mencionadas, porque en el proceso mental de analogación y asociación, existe una discrepancia entre lo que se está observando y lo que está registrado en la mente.

Rudolf Arnheim en su libro "Arte y percepción visual" (29) comenta al respecto de la constancia del color que no es privativa del ser humano sino también de aquellos animales dotados de visión cromática. Pero cabe hacer notar que se refiere al efecto producido por luces monocromáticas, así mismo comenta que la constancia del color está basada en el hecho fisiológico de que la retina se adapta selectivamente cuando un color específico está dominando el campo visual. Por lo que al "enfrentados a una luz verde, los ojos aminoran su respuesta al verde... Adaptados a una iluminación roja, vemos una superficie gris efectivamente gris, pero sólo en tanto la luminosidad sea igual a la luminosidad que prevalece en el campo. Si la superficie gris es más luminosa, parece roja; si es más oscura parece verde". (30) Lo citado es real tratándose de luces de color que iluminan el campo visual, pero no así, en el proceso psicológico, descrito por Forgas.

4. SEMANTICA CROMATICA

En el siguiente cuadro podemos apreciar las diferentes opiniones de 13 autores, que nos permite ver sus puntos de convergencia en los colores citados"

Significado	Emoción o Sentimiento	Efecto Psicológico	Efecto Fisiológico
Denotativo	Connotativo		
<u>ROJO</u>			
sangre.1,5	guerra.1	agresión.1,5,13	entusiasmo.5
fuego.3,5,8	revolución.1	odio.1	violencia.1,13
	realza.1	grandeza.1	cólera.6
	lujuria.1,7	amor.1,5,13	sensualidad.6
	crimen.1	pasión.1,5,7	explosividad.13
	martirio	coraje.1	impulsividad.13
	logio.5	rubia.1,10	
	poder.7	alegría.1,4	
	amor es	felicidad.1	
	piritual.9	angustia.13	
	activo.5	tensión.13	
	éxito.5	sobresalto.13	
			calor.1,8,9,7
			aumenta latidos del corazón.1
			incrementa la adrenalina.1,11
			para erupciones
			eczema.6,11
			acercamiento.1
			sexualidad.6
			músculos.6
			excitación.8
			funciones orgánicas.9
			vasodilatador.11
			pulmones.11
			propicia cáncer.11
			euforia.12
			epilepsia.13
<u>NARANJA</u>			
fuego.1	energía.1	vitalidad.2	sexual.1
carne.1	seguridad.1	poder.2	erotismo.1
			competitividad.1
			deseo de
			éxito, con
			quista,aven
			tura.2
			estimulante de:
			hambre,bazo,circu-
			lación.6
			pulmones,glándu-
			las,hambre.11
			calor.9,11
			energizante.7

<i>S i g n i f i c a d o</i>	<i>Emoción o</i>	<i>Efecto</i>	<i>Efecto</i>
<i>Denotativo</i>	<i>Conotativo</i>	<i>Sentimiento</i>	<i>Psicológico</i>
			<i>Fisiológico</i>
			<i>impulsividad. 2</i>
			<i>optimismo. 6</i>

AMARILLO

<i>oro. 1, 8, 9</i>	<i>gloria. 1, 9</i>	<i>felicidad. 1, 10</i>	<i>deseo de:</i>	<i>amplitud. 1</i>
<i>flores. 1</i>	<i>estirpe. 1</i>	<i>11</i>	<i>cambio, acción,</i>	<i>visible. 1</i>
<i>aire. 3</i>	<i>cobardía. 1,</i>	<i>alegría. 11</i>	<i>ánimo. 1, 2</i>	<i>estimula: cerebro,</i>
<i>sol. 5, 8, 9</i>	<i>7, 8</i>	<i>envidia. 8, 9</i>	<i>locura. 4</i>	<i>nervios, lingüístico,</i>
<i>vida. 8, 13</i>	<i>enfermedad. 1</i>	<i>rabia. 4</i>	<i>delirio. 4</i>	<i>músculos. 6</i>
<i>primavera. 1</i>	<i>vulgaridad. 1</i>	<i>intuición. 5, 13</i>	<i>antidepresi-</i>	<i>estómago. 11</i>
<i>gloria. 1, 9</i>	<i>espiritua-</i>	<i>presentir. 5, 13</i>	<i>vo. 6</i>	<i>intestino. 11</i>
	<i>lidad. 1, 4, 9</i>		<i>cansancio men-</i>	<i>hígado. 11</i>
	<i>religiosi-</i>		<i>tal. 6</i>	<i>riónes. 11</i>
	<i>dad. 1</i>		<i>alegría de</i>	<i>tonificante. 11</i>
	<i>des crédito. 1</i>		<i>vivir. 12, 13</i>	<i>luminoso. 7</i>
	<i>falsedad. 9</i>			
	<i>traición. 9</i>			
	<i>desconfian-</i>			
	<i>za. 9</i>			
	<i>fecundi-</i>			
	<i>dad. 13</i>			

VERDE

<i>vegeta-</i>	<i>vida. 1, 7</i>	<i>envidia. 1</i>	<i>estabilidad. 1</i>	<i>calmante. 1, 6, 11</i>
<i>ción. 1, 5, 8,</i>	<i>fertilidad. 1</i>	<i>celos. 1</i>	<i>seguridad. 1</i>	<i>digestión. 6</i>
<i>9</i>	<i>9, 13</i>	<i>amor. 1</i>	<i>aburrimien-</i>	<i>descanso. 12</i>
<i>primavera. 1,</i>	<i>magia. 1</i>	<i>confianza. 1</i>	<i>to. 1</i>	
<i>5, 8, 13</i>	<i>placer. 1, 9</i>		<i>sensibili-</i>	
	<i>naturaleza. 1</i>		<i>dad. 5</i>	
	<i>13</i>		<i>tranquili-</i>	
	<i>veneno. 1</i>		<i>dad. 5, 9</i>	
	<i>humedad. 8</i>		<i>serenidad. 5</i>	
	<i>frescura. 8</i>			
	<i>esperanza. 8</i>			
	<i>juventud. 8, 13</i>			

Significado Denotativo	Significado Connotativo	Emoción o Sentimiento	Efecto Psicológico	Efecto Fisiológico
------------------------	-------------------------	-----------------------	--------------------	--------------------

VERDE OSCURO

fracaso. 5
disgustos. 5
esperanza. 9

AZUL

cielo. 1	realza. 1	tristeza. 1, 10
mar. 1	varón. 1	depresión. 1
	aristocracia. 1	soledad. 1
	linaje. 1	melancolía. 1
	vino. 1	meditación. 6
	verdad. 8	recogimiento. 8
	inmortalidad. 8	paz. 8
	sabiduría. 8	tranquilidad. 8
	desesperación. 8	pureza. 4
	inmortalidad. 4	pasión. 5
	espiritual. 5, 13	amor. 5
	femenino. 5	
	fl. 9	
	religioso. 13	

firmeza. 2	sedante. 1
constancia. 2	calmante. 1, 6
materialidad. 2	hipotensión. 1, 11
descanso. 8	pulmones. 6
	relajante. 6, 11
	frío. 8, 9
	analgésico. 11
	pasivo. 2
	tranquilo. 2, 7
	antiinflamatorio. 11
	inmunológico. 11
	hipoglucémico. 11
<u>Obscuro:</u>	contra ictericia. 11
inseguridad	anticáncer. 11
meditación. 5	induce al sueño. 11
introspección. 6, 9, 11, 13.	
melancolía. 12	

VIOLETA

vino. 1	lujuria. 1	intimidad. 1	enfermizo. 4	Activador glandular. 6
cuaresma. 1	decadencia. 1	sublimación. 1	disminuye	sexualidad. 11
miércoles	orgiástico. 1	depresión. 1	angustia-	sensualidad. 11
de ceniza. 1	poder. 1	tristeza. 4, 8,	miedo. 6	tranquiliza
sábado	misterio. 1,	12		el hipotálamo. 11
santo. 1	8, 9	recogimiento. 5, 13		anticáncer. 11
	pasión de Cristo. 1	resignación. 5.		
		13		

S i g n i f i c a d o		Emoción o	Efecto	Efecto
Denotativo	Connotativo	Sentimiento	Psicológico	Fisiológico

jerarquía	aflicción. 6
religiosa. 1,	potente. 7
9	emocionante. 7
espiritua-	
lidad. 1, 9	
misticismo. 8	
realza. 8	
suntuosi-	
dad. 8	
dignidad. 8	

NEGRO

noche. 1	mal. 1	tristeza. 4		
tierra. 5	desgracia. 1	amenaza vital. 13	angustia. 13	enfermedad. 13
	muerte. 1, 4			
	omega. 1			
	diabólico. 1			
	obscuridad. 5			
	luto. 5			
	fracaso. 5			
	negación. 13			
	enfermedad. 13			

GRIS

desesperan-	asfixia. 4
za. 4	

BLANCO

día. 1	bien. 1	alegría. 4
Dios. 1	pureza. 1, 4,	vivencias de
agua. 3	5	muerte. 13
	inocencia. 1	
	suerte. 1	
	alfa. 1	
	limpio. 1	
	éxito. 5	

- (1) El gran libro del color. Blume, Barcelona, 1982.
- (2) Max Lüscher, citado en El gran libro del color.
- (3) Carl Jung, citado en El gran libro del color.
- (4) Vassily Kandinsky. De lo espiritual en el arte. Premia. México, 1981.
- (5) J. Repoxiés. Interpretación de los sueños. Bruquera. Barcelona, 1972.
- (6) Georges Faure. Las relajaciones sensoriales. Difusión. México, 1990.
- (7) Reginald Roberts. Psicología del color. Yug. México, 1989.
- (8) J. Bay. Como se armonizan los colores. Leda. España, 1979.
- (9) Johannes Itten. El arte del color. Bouret. París, 1975.
- (10) Kevin J. O'Connor. cap.13, de Manual de Terapia de juego. Manual Moderno. México, 1988.
- (11) F. Brosig. La cura por los colores. Kier. Buenos Aires, 1988.
- (12) Luis G. Serrano. Las sensaciones psicológicas que producen los colores. - UNAM. México, 1963.
- (13) José Antonio Escudero Valverde. Pinturas Psicopatológicas. Calpe. Madrid, 1975.

5. OTROS FENOMENOS PSICOLÓGICOS

El peso de los objetos parece ser afectado por el color; puesto que así se ha demostrado en estudios psicológicos, al mostrar un mismo objeto de - - igual dimensión y textura pintado de diferente color; el observador selecciona el objeto que esté pintado de un color claro o verde como el menos pesado. "El negro hace que los objetos se vean sólidos homogéneos y pesados, porque acentúan la forma". (31)

El efecto psicológico del tiempo es alterado por el color. Esto se demostró colocando a una persona en una habitación pintada en colores "vivos", - provocándole la sensación psicológica de que había permanecido menor tiempo del que realmente estuvo; el efecto contrario se presentó cuando a esta misma persona se le colocó en una habitación pintada de colores suaves.

Eileen T. Nickerson psiquiatra citado en el Manual de Terapia del juego, [32] en el capítulo El arte como medio terapéutico de juego; considera que - la pintura "no sólo es de naturaleza instructiva y catártica, sino también - autorevelador y puede utilizarse para comprender con mayor claridad las - preocupaciones y sentimientos del niño" y del adulto. Lo cual es indispensable para la terapia de "insight", empleada por sinnúmero de psiquiatras desde Anna Freud (1946) y Margaret Naumburg (1966), puesto que permite exteriorizar los sentimientos y motivaciones inconscientes, reprimidos y molestos - así como sus pensamientos y preocupaciones.

Por lo que, el arte es considerado importante por sus propiedades comunicativas y expresivas, además del efecto catártico y liberador de las vivencias inconscientes. Nickerson lo cita de la siguiente forma: "el arte representa una salida emocional y física que origina un vínculo comunicativo entre el producto y el receptor de esa producción". [33]

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CAPITULO IV : FENOMENOS PSICOLOGICOS

- (1) Abraham P. Sperling. Psicología simplificada. México, Minerva, 1977, pág. 39.
- (2) Sensopercepción. Selecciones de Scientific American. Cap.18 y 20. México Fac. Psicología, UNAM, 1984, pág.199.
- (3) Clifford T. Morgan. Introducción a la psicología. Madrid, Aguilar, 1974, - pág.65.
- (4) Rudolf Arnheim. Arte y percepción visual. México, Alianza, 1985, pág.369.
- (5) Ibid. pág.393.
- (6) Johannes Itten. El arte del color. París, Bouret, 1975, pág.13.
- (7) Ibid. pág.12.
- (8) F. Brodig. La cura por los colores. 7a. Ed. Buenos Aires, Kier, 1988, pág. 40.
- (9) Reginald Robert. Psicología del color. México, Yug. 1989, pág.60.
- (10) Wolfgang Johann Goethe. Teoría de los colores. Obras completas. Tomo I. - Buenos Aires, Poseidón. 1946, pág.533.
- (11) El gran libro del color. Barcelona, Blume, 1982, pág.44
- (12) Johannes Itten. Op.cit. pág.20.
- (13) Vassily Kandinsky. De lo espiritual en el arte. México, Prenta, 1981, - pág.44.
- (14) Ibid. pág.45.
- (15) Ibid. pág.53.
- (16) El gran libro del color. Op.cit. pág.170.
- (17) Ibid. pág.78-79.
- (18) Ibid. pág.79.
- (19) Georgina Ortiz Hernández. El significado de los colores. Tesis UNAN 1984, pág.25.
- (20) Faber Birren. Color psychology and color therapy. New Jersey. EUA, University Books. 1961, pág.278.
- (21) Vassily Kandinsky. Op.cit. pág.65-66.
- (22) Ibid. pág.65-66.
- (23) Birren Faber. Op.cit. pág.278.
- (24) Rudolf Arnheim. Op.cit. pág.369.
- (25) El gran libro del color. Op.cit. pág.186-193.
- (26) Reginald Robert. Op.cit. pág.167-173.

- (27) El gran libro del color. Op.cit. pág.94.
- (28) Ronald Fergus. Percepción. 2da.Ed. México, Trillas, 1989, pág.163-190.
- (29) Rudolf Arnheim. Arte y percepción visual. México, Alianza, 1985, pág.-367.
- (30) Ibid. pág.367.
- (31) El gran libro del color. Barcelona, Blume, 1982, pág.146-147.
- (32) Eileen T.Nickerson. "El niño como medio terapéutico de juego". Manual de terapia de juego. Charles Schaefer O'connor K. México, Manual moderno, 1988, pág.210-211.
- (33) Ibid. pág.210.

CONCLUSIONES

1. La sensación del color es una cualidad de vital importancia inherente al ser humano, dado que a lo largo de su existir establece a través del color un vínculo de comunicación con el medio exterior que lo rodea; cuanto más para el artista plástico que pretende la salida emocional y física que da origen a la relación comunicativa entre el producto -obra- y el receptor de la producción -observador-.

Es por esto que, a lo largo de la historia, muchos pensadores han mostrado su inquietud por comprender el fenómeno del color ya que tiene una gran importancia interdisciplinaria. Yo he pretendido por medio de esa investigación, que nos apartemos un poco de la idea que en su tiempo expresó Goethe: "Han demostrado hasta aquí los pintores miedo y hasta franca aversión a todas las consideraciones teóricas sobre el color y a cuanto a él se relaciona, actitud ésta ciertamente comprensible, pues lo que hasta ahora se llamaba teoría carecía de fundamento, era fluctuante y gravitaba hacia la empiria"... me uno al pensamiento terminal de esta cita donde dice: ¡ojalá nuestros esfuerzos logren desvanecer, hasta cierto punto, ese temor y estimulen a los artistas a comprobar y ampliar en la práctica los principios expuestos!

2. El estudio del fenómeno físico del color ha sido de tal complejidad, que ha requerido de muchos investigadores de variadas disciplinas, y cada uno ha aportado sus propias hipótesis, para tratar de comprender el fenómeno del color, hasta llegar a la esencia de las cualidades y composición de la luz, que es la que "pinta" de color al mundo que nos rodea y que sin ella no existiría el color.

3. La sensación del color tiene su génesis fisiológica en nuestro sistema visual, sin olvidar que este sistema es de tal complejidad, que a la fecha existen todavía interrogantes sobre su total funcionamiento, en la captación de la sensación de los colores. Por ahora, se consideran como válidas la teoría de Young-Helmholtz a nivel receptor y la teoría de Hering a nivel nervios).

Por tanto, es preponderante para el artista plástico conocer los procesos fisiológicos, que se refieren: al funcionamiento de los receptores del sistema visual, la aberración cromática, la inhibición lateral, que dan origen a los contrastes sucesivos y simultáneos. Todos estos ele

mentos son muy importantes para que el artista pueda sustentar la transmisión de la comunicación fuera de bases fortuitas.

4. Está definitivamente comprobado que el color luz afecta al ser humano fisiológicamente. La luz solar con su contenido de las diversas ondas que provocan la sensación de color afectan por en sí al ser humano, así como las radiaciones ultravioleta, infrarroja, rayos X y rayos gama provenientes del sol. La cromoterapia y la helioterapia son el resultado de la respuesta fisiológica de los colores sobre el cuerpo humano; estos conocimientos y experiencias que se inician en tiempos remotos.

Los colores pigmento tienen el mismo efecto que los colores luz sobre el cuerpo humano. Su condicionante estriba en el tipo de incidencia, el tamaño de la superficie coloreada, el tiempo de exposición y la intensidad de la luz incidente. Lo expuesto debe ser considerado efectivo tanto para el artista como para el observador.

5. La psique humana es afectada ya en forma endógena o exógena por el color.
- a) Endógena porque surge del interior de la mente, proyectando su personalidad, sentimientos y emociones interiores.
 - b) Exógena porque la sensación del color que proviene del exterior afecta la psique, al motivar emociones, sentimientos y estados anímicos.

De hecho si el color no afectara la psique humana la obra plástica carecería de importancia al no establecer una comunicación basada en el color, entre el artista plástico, su obra -producto-, y el observador. Denota por tanto el gran valor que tiene el color para la psique humana, situación que no ha pasado inadvertida para los filósofos y psiquiatras, que al presente continúan analizando e investigando, todas las connotaciones que esto implica en las intrincadas circunvoluciones de la mente.

B I B L I O G R A F I A

- American Fabrics Magazines Prentice-Hall. "Color and Human Being".
Encyclopedia of Textiles. Englewood, Clif. NJ. 1950-1972.
- Arnheim, Rudolf. Arte y percepción visual. México, Alianza, 1985.
- Bay, J. Como se armonizan los colores. España, Leda, 1979.
- Birren, Faber. Color psychology and color therapy. New Jersey, EUA, University Books, 1961.
- Brosig, F. La cura por los colores. 7a. ed. Buenos Aires, Kier, 1988.
- Da Vinci, Leonardo. Tratado de pintura. Madrid, Editora Nacional, 1980.
- Déribéré, Maurice. El color. México, Diana, 1967. Trad. Adolfo A. de Alba.
- El gran libro del color. Barcelona, Blume, 1982.
- Enciclopedia Salvat. Barcelona, Salvat, 1971.
- Enciclopedia Salvat de ciencias médicas. Barcelona, Salvat, 1956.
- Faure, George. Las relaciones sensoriales. México, Visión, 1970.
- Forgus, Ronald H. y Lawrence E. Melamed. Percepción. 2a. ed., México, Trillas, -1989.
- Frenalbrich, Halins. Como mirar un cuadro. Madrid, Blume, 1975.
- Goethe, Wolfgang Johann. Teoría de los colores. Obras completas. Tomo I. Buenos Aires, Poseidón, 1916.
Trad. Pablo Simón.
- Gran Larousse universal. Barcelona, Plaza & Janes, 1982.

Gayton, Arthur C. Tratado de fisiología médica. 4a.ed. México, Interamericana, 1971. Trad. Dr. Alberto Folch y P.

Hilarie, Hiler. The Painter's Pocket Book. Londres, Jan Gordon, 1970.

Investigación y ciencia. Barcelona, Prensa científica, Feb. 1978. No. 17.

Itten, Johannes. El arte del color. París, Bouret, 1975.

Jüppers, Harold. Fundamentos de la teoría de los colores. Barcelona, Gili, - 1980.

Kandinsky, Vassily. De lo espiritual en el arte. México, Premia, 1981.

Leprime, A. A la vanguardia de la medicina. Dangles, París, 1952.

Menéndez Pidal Ramón. Gran enciclopedia del mundo. Bilbao, Durvan, 1978.

Nickerson, Eileen T. "El arte como medio terapéutico de juego". Manual de terapia de juego. Charles Schaefer O'connor K. compilador. México, Manual Moderno, 1988.

Mosqueira, Salvador. Física general. México, Patria, 1989.

Mueller, Conrad G. y Mae Rudolf. Luz y visión. United States, Time Inc. 1969.

O'connor, Kevin J. "La técnica de ilumina tu vida". Manual de terapia de juego. Charles Schaefer O'connor K. México, Manual Moderno, 1988.

Ortiz Hernández, Georgina. El significado de los colores. Tesis UNAM, 1984.

Parramon, José. Teoría y práctica del color. Barcelona, Parramon, 1988.

Rat, Robert. Luz y colores. Buenos Aires. Ed. Víctor Leru, 1984.

Repollés, J. Interpretación de los sueños. Barcelona, Bruquera. 1972.

Richards, Jorge C. "Radiación". Revista ICVT del CONACIT. México, Vol.12, -
Núm.165, Junio 1990.

Robert, Reginald. Psicología del color. México, Yug, 1989.

Sensopercepción. Selecciones de Scientific American. Cap. 18 y 20. México, -
Fac.Psicología UNAM, 1984.

Serrano, Luis G. Las sensaciones psicológicas que producen los colores. Méxi-
co, UNAM, 1963.

Sperling, Abraham P. Psicología simplificada. México, Minerva, 17a.ed., 1977.