



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Escuela Nacional de Artes Plásticas

LA PSICOLOGIA DE LA LUZ Y EL COLOR EN LA FOTOGRAFIA BASICA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
LICENCIADA EN ARTES VISUALES
P R E S E N T A :

CORINNA RODRIGO ENRIQUEZ

MEXICO, D.F.

2000

0277263



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

A mis padres, Delia y Luis,
por su extraordinario ejemplo
como seres humanos. Con todo
mi amor y gratitud eterna. .

A mis abuelos y en
especial a mi tía Luisa, por
su ejemplo como mujer y su
amor incondicional. Siempre te llevaré
en mi corazón.

A Delia, mi hermana,
por el cariño y apoyo que
me ha brindado.

ÍNDICE

	Pag.
Introducción	1
Capítulo 1. La psicología de la luz y sus aspectos físicos	4
1.1 La psicología de la luz.....	4
1.2 Naturaleza de la luz.....	16
1.2.1 Historia	16
1.2.2 Física	21
1.3 Fenómenos luminosos	22
1.3.1 Luz incidente	26
1.3.2 Luz reflejada y luz derivada	26
1.4 Filtros de corrección para blanco y negro	26
Capítulo 2. Óptica	33
2.1 Naturaleza	33
2.2 Refracción	38
2.3 Reflexión	39
2.4 La lente	42
2.4.1 Tipos de lentes	53
2.4.2 Espejos	61

Capítulo 3. Historia del color	66
3.1 Antecedentes	66
3.2 Romanticismo	73
3.3 Impresionismo	75
3.4 Neoimpresionismo, postimpresionismo y pintura del siglo XX	76
3.5 Historia de la fotografía a color	82
4 Color	89
4.1 Características y propiedades del color	89
4.2 Colores de la luz	91
4.3 Pigmentos y tintes	92
4.4 Luz aditiva	93
4.5 Luz sustractiva	95
4.6 Temperatura del color	99
Capítulo 5. Laboratorio-cuarto oscuro a color	103
5.1 Área seca y su equipo	103
5.2 Área húmeda y su equipo	104
Capítulo 6. Película y papel a color	112
6.1 Características de la película a color	112
6.1.1 Positivo	113

6.1.2 Negativo	113
6.2 Características del papel a color	114
Conclusiones	120
Apéndice	122
Bibliografía	155

INTRODUCCIÓN

Es indudable que la educación es uno de los grandes cimientos para el desarrollo de la cultura de todo pueblo. Este trabajo surgió, en primera instancia, por mi interés en elaborar un material de tipo didáctico dedicado a la recopilación y el análisis de información para comprender los principios y fundamentos de la fotografía a nivel básico, con la intención de complementar, tanto en la teoría como en la práctica, la formación de quien estudie fotografía y, en segundo lugar, porque considero que la realización de este trabajo es consecuente con la responsabilidad que tengo como universitaria y, particularmente, como egresada de la Escuela Nacional de Artes Plásticas.

Esta posibilidad se ha visto concretada luego de haberme sido dada la oportunidad de trabajar en el Proyecto de Investigación titulado "Fotografía: Los Principios Básicos" de la Profra. Gale Lynn Glynn con quien además he trabajado como su ayudante durante casi tres años. El escrito, que constituiría mi proyecto de tesis para optar por la Licenciatura en Artes Visuales, me ha permitido adentrarme cada vez más a la fotografía y darme cuenta que en muchas ocasiones desechamos o simplemente no prestamos atención a una serie de temas que resultan fundamentales en este campo y, que quien pretenda dedicarse a la fotografía, tendrá que conocer.

Este trabajo, por lo tanto, está enfocado en tres ejes principales que continuamente se interrelacionan: la luz, la óptica y el color. Sin embargo, por la complejidad de estos temas, lo he dividido en seis capítulos, de manera que cada uno se encuentre claramente enfocado a un aspecto específico.

*El primer capítulo, **Psicología de la luz**, lo he dedicado a los aspectos físicos y psicológicos de la luz, es decir, a las diferentes interpretaciones que se han generado acerca de la luz a lo largo de la historia, a lo que hoy sabemos concretamente que es, a los fenómenos luminosos que suceden en la naturaleza y, principalmente, al importante papel que ésta juega en la fotografía, permitiéndonos concebir infinidad de interpretaciones de una imagen, según sea su utilización.*

*El segundo capítulo, **Óptica**, entendiéndolo a ésta como la parte de la física que estudia los fenómenos de la luz y de la visión, lo he dirigido justamente al conocimiento*

básico de los principios de la vista (a partir de los estudios de Leonardo da Vinci) y de los fenómenos que ocurren en la naturaleza como la reflexión y la refracción.

Invariablemente, estos fenómenos se erigen como la pauta de gran parte de los principios de la fotografía; es por ello que resultan reveladores y claves para el funcionamiento de los lentes, a los cuales he dedicado la segunda parte del capítulo. En este tema se verá el desarrollo de los lentes hasta llegar a los tripletes y también, los tipos de defectos o aberraciones que se pueden presentar en ellos y las diferentes correcciones que se pueden hacer.

El tercer capítulo, **Historia del color**, como su nombre lo indica, está dedicado a los aspectos históricos del manejo del color en el arte. En su primera parte, hago un análisis de las interpretaciones acerca del color que se han elaborado en la pintura, pues no podemos negar de ningún modo el origen "pictórico" de la fotografía ni las influencias directas que ésta tuvo de la pintura. Lo que me parece importante recalcar aquí, es el contexto en el cual han estado inmersas cada una de las etapas del arte y las claras influencias que, entorno al color, han existido de los descubrimientos científicos y psicológicos.

La segunda parte del capítulo está destinada al conocimiento de la historia de la fotografía en color, al por qué de la necesidad de crear imágenes más reales a través de los colores de las cosas y cuál fue la importancia de los avances científicos, tanto en la física como en la química, para que esto se lograra.

El capítulo cuarto, **Color**, se enfoca primordialmente a las características y propiedades físicas del color. En éste, además de observar sus cualidades físicas, es decir, sus particularidades, la constitución espectral de la luz, etc., se penetra de fondo en aspectos eminentemente fotográficos, como son los sistemas aditivos y sustractivo del color y la temperatura de la luz.

El capítulo cinco, **Laboratorio-cuarto oscuro**, lo he dedicado al conocimiento de las características básicas que deben tener estos espacios para poder trabajar materiales a color (papeles y películas). En este capítulo, muestro algunos diseños sencillos de laboratorios, con la finalidad de abrir el espectro de posibilidades para quien desea

construir su propio laboratorio, aunque se trate de uno de tipo casero.

*Por último, el capítulo seis, **Película y papel a color**, está enfocado al conocimiento de la composición y características de los papeles y películas a color; además, muestro las condiciones básicas para trabajar estos materiales dentro de un laboratorio. Al final del trabajo he incluido un Apéndice en donde contemplo la gama de posibilidades que hay en el mercado en cuanto a estos materiales. En dicho Apéndice presento una lista de éstos con sus principales características y beneficios para lo que han sido diseñados.*

Me parece importante hacer notar que la información que se incluye en este Apéndice puede variar según los nuevos materiales que surjan en el mercado, por lo que aquí describo lo que en este momento existe en cuanto a papeles y películas a color.

De acuerdo a la manera en que está tratada la información en este trabajo, me parece pertinente mencionar que este trabajo no pretende ser un manual ni de un recetario en el que se diga cómo hacer una buena fotografía; éste, es un trabajo concebido como un material de consulta tanto para profesores como para alumnos, con la intención de que pueda resultar útil en el enriquecimiento de conocimientos y la ampliación de las posibilidades de exploración con que cuenta la fotografía.

Por una convicción propia y en busca de una comprensión seguramente más fácil para el lector y a manera de darle un mayor sustento a lo aquí escrito, he optado por crear una balanza entre la parte histórica del desarrollo de los temas centrales de este trabajo y la parte teórico-práctica contemporánea de éstos. En este sentido, considero que es de vital importancia que los artistas, en general, y los fotógrafos, en particular, conozcamos la historia del arte pues, a mi modo de ver, ésta es imprescindible para lograr la formación de un criterio propio y de una postura firme ante él. Considero indispensable conocer el pasado, para poder construir el presente y el futuro.

Finalmente, deseo que este trabajo constituya un material útil para todo aquel que desee conocer parte de la historia de la fotografía, de las vinculaciones que tiene con otras áreas y ciencias, y de sus infinitas posibilidades como medio artístico.

1. La psicología de la luz y sus aspectos físicos.

1.1 Psicología de la luz.

Sin lugar a dudas, si hubiera que determinar un elemento clave para la realización de una imagen fotográfica, éste tendría que ser la luz, y es que, indiscutiblemente, ésta constituye el fundamento mismo de la fotografía.

Si bien es cierto que la luz es un fenómeno físico que sufre cambios objetivos como pueden ser la variación de las sombras sobre un objeto bajo diferentes condiciones lumínicas o en distintos momentos del día, o la alteración de los colores en circunstancias cambiantes de iluminación, éste es un fenómeno que más allá de la física ha motivado a numerosos artistas a su estudio, su manejo y, sobre todo en fotografía, su control.

Pero, además de esto, es claro que el manejo de la luz viene a constituir un elemento básico para determinar en un alto grado el sentido de la imagen artística incluyendo, por supuesto, la fotográfica. Esto quiere decir que en una imagen fotográfica la utilización que el artista haga de la luz formará uno de los elementos más importantes para la lectura que el espectador haga de ésta; por lo tanto, es primordial que el fotógrafo tome en cuenta la iluminación que maneja para realizar su trabajo, de modo que sea capaz de transmitir sus ideas a través de imágenes y que logre que éstas lleguen al espectador tal y como él lo ha deseado.

Y es que más allá de la existencia de herramientas como el exposímetro que permite tener una lectura correcta de la luz que la cámara fotográfica registra, debe quedar claro que no existe ningún instrumento capaz de decidir lo que el fotógrafo busca al realizar una imagen, por lo que en realidad ese tipo de herramientas funcionan como referencias al momento de hacer una toma fotográfica.

Este tema, por lo tanto, no está dedicado a la iluminación fotográfica, entendido esto como la utilización correcta de los instrumentos para lograr imágenes con buena distribución de luz. Aquí, hablaré de la importancia de la luz en la imagen y de la multiplicidad de mensajes que se pueden transmitir a partir de su manejo.

La luz, como ya lo he dicho, lo mismo desde es punto de vista físico como psicológico, es muy probablemente el elemento primario que lleva al espectador hacia una traducción o lectura de la imagen fotográfica, permitiéndole adentrarse a ella o, simplemente, rechazarla.

Antes que nada, considero que es importante mencionar que, en nuestra cultura occidental tenemos determinados preceptos, los cuales, de alguna manera nos rigen. Entre ellos, me parece digno de ser resaltado uno que resulta fundamental en nuestra percepción de la imagen y de los objetos que nos rodean en general y que se liga perfectamente con la parte psicológica de nuestros procesos de recepción, asimilación, interpretación, etc.; se trata del sentido en que llevamos a cabo nuestra escritura, esto es, en una dirección de izquierda a derecha, produciendo, en consecuencia, una lectura semejante y, con ello, en dicha dirección es como solemos percibir también la gran mayoría de las imágenes que llegan a nuestro cerebro a través de la vista

Esta cuestión me parece de suma importancia porque se liga, indiscutiblemente, al manejo de la luz en la imagen fotográfica, sin que esto quiera decir que el fotógrafo esté obligado a manejar una iluminación determinada que forzosamente lleve a una obligada lectura de izquierda a derecha; pero sí, puede permitir entender cuestiones tanto psicológicas como formales que conduzcan al fotógrafo a lograr una interacción más completa con el espectador.

Históricamente, la luz ha jugado un papel decisivo en el arte, no sólo porque físicamente se encuentre de facto o porque sin ella simplemente sería imposible la visión, sino porque ha sido motivo para una manipulación amplísima en diversos sentidos y como elemento simbólico ha jugado un papel fundamental. Sólo basta decir que durante el cristianismo la luz fue utilizada con una función específica: la de símbolo religioso a través del uso de fondos y aureolas dorados, que tomaban la función de la fuente de luz; esa luz, que invadía la escena, buscaba penetrar en el espectador como una cualidad divina. Sin embargo, esto no quiere decir que hubiera aún una reflexión de la luz como concepto plástico.

Aunque en este tema no pretendo hacer un recuento histórico del sentido que se le ha dado a la luz en el arte, sí creo necesario hacer mención de algunos momentos

de su historia que fueron y han sido trascendentales en la utilización de la luz y, que sin ellos, muy probablemente jamás se habría llegado al instante en que nos encontramos ahora en cuanto al conocimiento de las posibilidades del manejo de la luz y en consecuencia, la iluminación.

Es importante hacer notar que durante el Renacimiento se empezaron a realizar estudios profundos de los valores formales de la obra plástica y que la luz alcanzó en ese momento un lugar preponderante al ser utilizada como un medio de modelado de volumen. Sin embargo, al ir cobrando mayor interés su estudio, artistas como Leonardo da Vinci comenzaron a manejarla a través de una concepción distinta, como un valor capaz de transmitir, de acuerdo al manejo que se le diera, una sensación al espectador. De este modo se puede ver que en la Última Cena, por ejemplo, "la luz es una potencia activa que desde una determinada dirección cae sobre una estancia oscura, aplicando toques de luminosidad a cada figura, a la mesa y a las paredes"¹.

A través de sus estudios rigurosos, Da Vinci logró resolver una serie de cuestiones técnicas-formales consiguiendo, a través de la luz, que el espacio tuviera un carácter atmosférico real. Para él, la luz es un "elemento que condiciona la estructura de un espacio en profundidad y que afecta a la condición de los colores y objetos en forma que se aplica para definir arquetipos ideales y que se utiliza siempre bajo un riguroso sistema de control"².

No obstante, es indudable que la concepción de la luz como elemento fundamental para definir la presencia de la imagen llegó a su cúspide en el



La Última Cena, Leonardo da Vinci

Barrroco, por lo que me parece importante mencionar este periodo, pues los artistas

barrocos manejaron con una gran conciencia el simbolismo de la luz.

En esta etapa, el claroscuro se convirtió en una forma de ver la luz por medio del manejo de luces y sombras que actúan alternadamente dentro del cuadro; éste, crea una realidad pictórica que se construye a partir de la realidad natural que resalta las partes en donde está presente la luz. En el barroco “la luz conoce una nueva dimensión: participa y se compromete en el sentimiento del creador. Ahora sí es un elemento plástico que coloca en situación crítica la existencia de la imagen”³.

Michelangelo Merisi, Caravaggio, puede ser considerado el punto de partida de la pintura barroca, al renovar gran parte de los conceptos pictóricos. En su obra, el manejo de la luz le permitió llegar a una elevada intensidad dramática que, consecuentemente, produce una reacción similar en el espectador, ya que ésta “se halla concentrada como la de un foco, siendo así que en cierto modo aparece como un objeto aprehensible y como tal, toma parte en la acción”⁴. De este modo, esa luz que se vuelve “real”, también hace patentes de manera “real” los cuerpos y los colores de los objetos.

Pero quizá el simbolismo de la luz llegó a su máxima expresión con Rembrandt, considerado como el artista más representativo en el manejo del claroscuro, siendo notable que, en un determinado momento de su producción, la luz de sus cuadros prevalece por encima de todos los demás elementos.

Como lo mencioné anteriormente, el simbolismo religioso a través de la luz jugó un papel fundamental en la Edad Media, pero plásticamente esa luz no tenía un sentido artístico, pues la idea era únicamente otorgar atributos divinos a las imágenes religiosas por medio de símbolos como halos dorados, fondos dorados, etc.; por el otro lado, en los siglos subsiguientes, es decir, el XV y el XVI, la luz se convirtió en un factor digno de investigación y análisis, aún por encima, de igual manera, de su carácter artístico y psicológico. El trabajo primordial de Rembrandt radica en haber logrado la conjunción de estos dos caminos antagónicos, pues es el quien “personifica la confluencia final de las dos corrientes: la luz divina ya no es un ornamento, sino la experiencia realista de una energía radiante, y el espectáculo sensual de luces altas y sombras se transforma en revelación”⁵.

De esta manera, Rembrandt consiguió manejar una luz profunda y directa que hablaba del aspecto interior de sus personajes, que finalmente fue el reflejo de su pensamiento y humanización. En sus pinturas, consigue plasmar objetos y personajes que parecen irradiar de su interior una luz activa, con lo que logra transmitir al espectador toda una carga psicológica de la escena o del personaje retratado ahí, es decir, que logra que sus elementos cobren vida a través de la luz.

A partir de lo que aquí he descrito, se puede ver que el manejo de la luz en el arte puede ser una fuente inagotable de experimentación. Por principio, hay que saber que la luz por sí misma crea espacio y que hay condiciones perceptuales que determinan las interpretaciones que se puedan hacer de una imagen, es decir, que "la iluminación tiende a guiar la atención selectivamente, de conformidad con el significado pretendido"⁶, por lo que el artista tiene la capacidad de decidir la iluminación de sus imágenes, esto es, a qué objetos otorgarles más o menos luz y qué tipo de luz manejar.

La fotografía resulta también sumamente reveladora en este campo. Como ya he dicho, la luz es su elemento principal pues, sin ella, simplemente sería imposible realizar una imagen fotográfica. En este sentido, se podría considerar que el efecto de tipo emocional que toda imagen fotográfica produce en el espectador, está determinado, en cierto modo, por el uso que el fotógrafo haya hecho de la luz en dicha imagen. Es por esto que en la realidad objetual, en la fotografía, la luz siempre jugará una función de efecto psicológico en el espectador.

Sin embargo, así como he mencionado a pintores de la talla de Rembrandt, cuya obra rebasa el sentido únicamente formal del manejo de la luz, en el mundo fotográfico han existido fotógrafos cuyos trabajos se han dirigido concretamente en esta línea de acción, es decir, con la intención clara de que la luz (iluminación) genere un efecto determinante en la psique del espectador.

Sabiendo que, indudablemente, cada uno de los lectores de esta tesis podrá descubrir este sentido en el trabajo de muy variados fotógrafos, aquí me limitaré a mencionar algunos de ellos que, a mi modo de ver, han sido particularmente persistentes en otorgarle este carácter "psicológico" o "emocional" a la luz, produciendo obras esclarecedoras de lo que aquí he expuesto.

Antes que nada, me parece pertinente aclarar que el paso del tiempo y los avances de tipo científico en materia fotográfica permitieron, en un momento dado, que el fotógrafo comenzara a obtener efectos de este tipo en su trabajo, que quizá ya habían sido intentados o simplemente pensados por algunos de los primeros fotógrafos. Esto es básico para comprender el por qué en los comienzos de la fotografía no nos encontramos con material de este tipo, pues en ese momento la preocupación principal del uso de la luz consistía en lograr que la imagen quedara registrada.

Ahora bien, cuando se empezaron a obtener condiciones favorables de control de la técnica, fue cuando artistas como Nadar, primeramente, y Julia Margaret Cameron, posteriormente, fueron enfocando su trabajo a encontrar algo más que el registro de una imagen o escena determinada. Los dos, abocados al trabajo de retrato, abrieron la brecha en la búsqueda de una expresividad que proviniera de la imagen misma y, curiosamente, ambos hicieron uso de la luz como un recurso para conseguir estos resultados.

Nadar, en su caso, utilizaba fuertes contrastes luminicos en los rostros (algunas veces con luz natural y otras, con artificial), lo que generaba un marcado modelado entre las luces altas y las sombras. Como el efecto emocional no le funcionaba en los modelos femeninos a las que les tenía que suavizar la iluminación, pues de otro modo resultaban imágenes sumamente fuertes, casi todo su trabajo está dedicado a la toma de modelos masculinos. Estas fotos "son consideradas como el apogeo del retratismo francés y, ciertamente hay siempre una fuerza y una expresión tan directa en el sujeto, que resulta casi severa en algunos casos... quizá sus retratos carecen de la simpatía del contacto humano, lo cual constituye una experiencia subjetiva del artista que parece que está presente en sus mejores retratos... en cierto modo (es) un presentador, pues puede describir a la gente más no entenderla"⁷. Posiblemente el principal aporte que Nadar hizo a la fotografía, radica en el hecho de que fue él quien rompió con ciertos prototipos de imágenes; este artista, en su época, "fue más bien un impresionista en busca del efecto especial de la iluminación, de una pose, que no rehuye la expresión pasajera, momentánea, la mímica fugaz, siempre que sea característica del personaje retratado. Y, en su calidad de caricaturista, tenía un ojo clínico para tales características"⁸.

En cuanto a la obra de Cameron, sus primeras fotografías de retrato se distinguen por la variedad de efectos de iluminación controlada que utilizaba. A través de

la luz que empleaba, a veces de fuerte claroscuro proveniente de una fuente lateral y otras, de tipo suave y difuso (demostrando que poseía un manejo excepcional de ésta), lograba producir imágenes capaces de causar en el espectador una atracción verdaderamente especial entorno al personaje retratado. De hecho, a través de su iluminación “podía hacer resaltar la evidencia física de la personalidad de una cara o aislar ciertos aspectos fisionómicos que ella identificaba con un ideal histórico o alegórico que quería describir, normalmente en los elegantes términos pre-rafaelistas”⁹. A esto se debe que estos dos fotógrafos sean considerados en la actualidad como dos de los más grandes retratistas.

Julia Margaret Cameron



Los dos ejemplos arriba mencionados se enmarcan, como se ha visto, en la fotografía de retrato. No obstante, el manejo de la luz como un medio para transmitir determinadas sensaciones o emociones, no únicamente se puede presentar en una cara o en un cuerpo humano, que por sí mismos son expresivos. La riqueza del manejo de la luz nos demuestra que estas experiencias anímicas las podemos encontrar en cualquier imagen fotográfica.

En este terreno, el trabajo de Edward Weston resulta ejemplar. Por un lado, este fotógrafo tuvo un constante interés por el manejo de la luz, al grado de haber realizado verdaderos estudios de ella a través de la manipulación de la iluminación en sus imágenes; por el otro, su obra refleja una preocupación por la forma y por el qué decir a través de ella, es decir, qué interpretación dará el espectador a sus imágenes. La conjunción de estos dos elementos tuvo como consecuencia la producción de imágenes aparentemente sencillas, pero con una enorme carga emocional.

Un ejemplo de este trabajo se puede ver en su famosa fotografía del pimiento morrón, sobre la cual él mismo comentó: "Es una imagen clásica, que satisface completamente, pero es más que un pimiento: es una abstracción, en la medida en que se escapa del sujeto... este nuevo pimiento nos lleva más allá del mundo que conocemos conscientemente. A decir verdad mucho de mi trabajo tiene esta cualidad, muchos de mis pimientos de los últimos años, pero éste, y de hecho todos los nuevos, nos colocan en una realidad interior (la absoluta) con una comprensión clara, una revelación mística. Esta es la "representación significativa" en la que pienso, la presentación a través de la intuición de cada uno, viendo "a través de los ojos y no con los ojos", una mirada visionaria..."¹⁰



Pimiento, Edward Weston

En este comentario, el mismo Weston menciona que su fotografía del pimiento morrón rebasa el mundo consciente en el que nos desenvolvemos, lo cual quiere decir que se trata de una imagen que conduce al espectador a valorarla en un lugar en el que la psique juega un papel determinante. El mismo carácter "sensual"¹¹ que otorga a esta imagen, se puede encontrar en gran parte de sus tomas, destacando sus demás naturalezas muertas (caracoles y verduras), sus desnudos e incluso, sus paisajes. En realidad, sus imágenes son apacibles en el sentido de que no producen alteraciones violentas, esto es, que permiten al espectador recorrerlas entrando y saliendo de ellas sin sobresaltos, logrando un verdadero goce por medio de los sentidos. "En la riqueza de sus tonos, los balances sutiles de luz y sombra, las monumentales libertades de sus formas, esas fotos son más sensuales y hermosas que las demás. Cada detalle parece estar controlado, en donde el caos parece estar en perfecta armonía... sin embargo, los trabajos por sí mismos son más intuitivos que intelectualmente organizados, Weston estuvo consciente de sus deseos"¹².

Por supuesto, en este momento me parece pertinente aclarar que hablar de emociones es entrar en un campo meramente subjetivo, pero el arte finalmente está

impregnado de la subjetividad de cada persona, sea el propio artista o un espectador; además, ¿acaso el generar emociones no es la función principal del arte y del artista?

Quizás esta otra frase esclarezca más aún la manera de Weston de entender sus imágenes: "... por paisaje, quiero decir todo el aspecto físico de una región (clima, sol, flores, montañas) y sus efectos en la psique y apariencia física de los hombres. Mis paisajes del año pasado son años que avanzan sobre todos aquellos que hice antes de que hubiera visto alguno"¹³. Probablemente esta frase es aún más reveladora de su verdadero pensamiento como artista, de la importancia que otorgaba en el arte al equilibrio entre la parte física o material y su contraparte espiritual o emocional.

Pero, como lo he mencionado ya, la cuestión psicológica del arte, no sólo se limita a aquellas obras concretas, es decir, en las que podemos ver una imagen identificable con algo de nuestro mundo. También el arte abstracto tiene cosas que decir en este sentido.

Así, por ejemplo, el trabajo de fotógrafos como László Moholy-Nagy y Man Ray (que no es absolutamente abstracto), es muy significativo en el manejo de la luz. Ambos artistas lograron encontrar en la luz el medio ideal para desarrollar sus ideas y realizar sus imágenes, aún por encima de la utilización de la cámara fotográfica.

Los dos, respondiendo justamente a un momento histórico, en el que "el amor a las cualidades pictóricas era sólo un vano remanente de romanticismo, el pincel un instrumento del pasado, reflejaron el crecimiento del significado de la despersonalización en el arte moderno y la nueva prominencia dada a la fotografía y a la forma fotográfica".¹⁴ De hecho, su trabajo estuvo ampliamente influenciado por conceptos empleados por los constructivistas rusos y los artistas abstractos como Malevich y Lissitzky, tales como el hecho de que "la forma y función eran calculadas en las nuevas condiciones sociales y tecnológicas de la cultura del mundo moderno".¹⁵

Moholy-Nagy, se proponía crear nuevas relaciones en fotografía a través de los llamados fotogramas, con los cuales el objeto dejaba de funcionar como un reflector mientras fijaba la luz directamente en la placa de bromuro sensible a ella. Su interés principal se centraba en darle a sus imágenes una construcción formal fuerte en las que

la luz, la textura y el espacio ocuparan el lugar principal. Man Ray, por su parte, también utilizó infinidad de métodos experimentales lo mismo reventando los granos de plata de sus negativos, que distorsionando las imágenes, haciendo fotomontajes, fotogramas, etc.



Man Ray



László Moholy Nagy

Como lo he dicho hasta aquí, el interés de ambos fotógrafos se centraba, primeramente, en la búsqueda de una construcción renovadora de la imagen fotográfica, a través del uso de nuevos medios y herramientas o del manejo diferente de elementos básicos en la fotografía como resulta la luz. A ello se debe que su trabajo no pretendiera (en una primera instancia) generar en el espectador sensaciones psicológicas, pero ello no quiere decir, de modo alguno, que este tipo de emociones o sensaciones no ocurran en quien observa este tipo de imágenes.

De este modo "la visión que permite aceptar esas aberraciones (distorsiones, dobles exposiciones, fotogramas, etc.) como controles estéticos, está poco separada de la visión de aquellos que buscan interpretar con la cámara el mundo de la naturaleza y el hombre. Observando fotogramas o impresiones solarizadas y negativos distorsionados, constantemente estamos recordando, no fotografías, sino pinturas... Man Ray y Moholy-Nagy, como pintores, consideraron la fotografía como un medio más que como un fin, pero tampoco pasaron por alto la imagen directa de la cámara".¹⁶

Para concluir este tema, quisiera hacer mención de dos artistas contemporáneos cuya obra, me parece, se encuentra cimentada en gran medida en el manejo de la luz y la función que ésta toma en la interpretación de sus imágenes.

El primero de ellos es Robert Mapplethorpe quien, además de tener una técnica inmejorable en el manejo de la iluminación, la aprovechaba completamente como un recurso a través del cual podía dotar de un carácter específico a sus modelos fotografiados e incluso podía sugerir determinadas formas a través, única y exclusivamente, de la luz.

Mapplethorpe solía manejar una luz cálida y en sus naturalezas muertas (sus series de flores) "los colores naturales son reducidos a blanco y negro antiguos, y el énfasis pasa de la delineación de la forma a la revelación por la luz cálida. Todo lo extraño se remueve... hay un sentido definitivo de espacio, ambos rodeados de una "distribución" y separando al espectador de ellos. La sensualidad evoca direcciones por sí mismas en el sentido de la vista, más bien del tacto"¹⁷.

Las fotografías de Mapplethorpe, especialmente las dedicadas a las flores, tienen no sólo una profunda sensualidad, sino que en algunos casos resultan rebasadas por una eroticidad¹⁸ en donde la luz juega el papel de remitente, esto es, es ella quien nos revela determinadas formas y sensaciones que "objetivamente" no existen. Algunas veces sus imágenes son, por lo tanto, fuertes e incluso violentas, pero otras tantas, contrastan con las anteriores por su sutileza.



El siguiente fotógrafo al que haré referencia es Joel-Peter Witkin. Al igual que Mapplethorpe, Witkin retoma la luz como un medio capaz de darle relevancia a sus formas y poderoso para mostrar diferentes sensaciones que el hombre es capaz de experimentar, sin que éstas sean necesariamente placenteras. Respecto a su trabajo el mismo Witkin dijo: " ... refleja la demencia de la vida. La mayoría

del arte del oeste muestra que no sabemos cómo vivir. Hago este trabajo con el deseo de que nosotros, de alguna o de otra manera, lo veamos como parte de la historia de un tiempo diverso y desesperado”¹⁹.

El trabajo de este fotógrafo se enmarca en el uso de modelos con los que maneja una iconografía de demonios, fenómenos, monstruos en los que se eleva la sexualidad, etc. de una crudeza terrible pero, simultáneamente, su trabajo se ve impregnado por una serie de efectos técnicos impecables (químicos, manipulación de las imágenes, rayones, rasgaduras), generando imágenes que producen choques y sobresaltos, pero que también resultan provocadoras.

En la obra de Witkin “travestismo, bestialidad, coprofilia, y a veces necrofilia no solamente se sugieren, sino que se encuentran flagrantemente actuando en su grotesca mesa... (por otro lado) en un aparente gran guiño, uno es obligado (casi culpable) por la seducción absoluta de sus impresiones, las cuales están entre las más pasmosas de toda la fotografía contemporánea”²⁰.

En el trabajo de Witkin, la luz tiene un poder superior; sus fuertes contrastes hacen resaltar aquellas zonas que producen ese gran impacto en quien las observa, generando lo mismo imágenes dramáticas que, en ocasiones, imágenes absolutamente violentas u hostiles. Sus fotografías son inquietantes, quizás porque nuestro mundo real también lo es.

Los artistas que he mencionado hasta aquí son sólo algunos ejemplos de los muchos fotógrafos que han prestado particular atención al manejo de la luz como un medio para transmitir emociones a los espectadores

Por último, me parece esencial recalcar que, después de lo visto en este tema, resulta de suma importancia



Joel Peter Witkin

conocer las amplísimas posibilidades que tiene la iluminación, pues su aplicación influirá determinadamente en el sentido que las imágenes adquieran.

1.2 Naturaleza de la luz.

La historia de la humanidad, trátase de la cultura y de la época que sea, nos remite a una serie de inquietudes constantes en torno a nuestro universo y a los distintos fenómenos naturales que se generan en él. Desde luego, la luz ha sido uno de los grandes motivos que ha generado lo mismo admiración que temor y que, durante siglos, ha llevado al hombre a justificarla por diferentes medios como la religión, el simbolismo, la filosofía, etc., así como a estudiarla científicamente.

En este tema haré una breve reseña de las distintas concepciones generadas a través de los siglos alrededor del mundo que implica la existencia de la luz y su presencia en la Tierra, yendo desde aquellas que corresponden a la filosofía antigua y, concluyendo con los conocimientos científicos que nos han permitido, en nuestros días, entender su composición y función.

1.2.1 Historia

A través de los siglos, el fenómeno luminoso ha sido motivo de interés permanente y, por lo tanto, de interpretaciones diversas sobre su origen.

Todas estas interpretaciones se pueden orientar en cuatro líneas diferentes que serán descritas a continuación, haciendo notar las corrientes y pensadores que siguieron cada una de ellas; por lo tanto y debido a que los pensadores que aquí menciono vivieron en épocas distintas entre sí, no he seguido un orden cronológico preciso, aunque, para evitar cualquier confusión entre etapas, he incluido el siglo en que vivió cada uno de ellos.

1. Ningún fenómeno físico interviene entre el ojo y el objeto.

S. III y IV dC. La idea de la luz "como fuente o como medio de conocimiento, así como la concepción de la luz como manifestación del conocimiento o de la verdad, ejerció gran influencia en la teología cristiana, especialmente la de inspiración platónica y neoplatónica"²¹. Los Neoplatónicos estaban encabezados por Plotino (¿205-270?), quien en sus escritos, hizo numerosas referencias a la luz. Hablando de la "luz física" y de la "luz inteligible", manifestaba que la luz se propaga en línea recta y que se transmite de manera instantánea²². Para él, la luz no se encuentra en el cuerpo iluminado, sino que viene del cuerpo luminoso. Al referirse a la luz inteligible, la definió como algo inmaterial, indivisible e incorpóreo. Para los Neoplatónicos la luz es, en resumen, puramente psíquica, es decir, que la percepción es producto de la voluntad.

S. XIII dC. Otros, como el filósofo inglés Robert Grosseteste (1200 aprox.), consideraba a la luz desde una concepción metafísica. En su teoría de la luz, se encuentran mezcladas tanto nociones neoplatónicas y patristicas como de tipo científico. Sin embargo, parte de la base de que la luz es algo creado por Dios después de la materia prima, esto es, que la realidad creada después de la creación de la materia sin forma fue la luz. Para Grosseteste, la luz, al ser la forma más sutil dentro del orden de lo creado, se propaga instantáneamente de forma esférica. La luz es un principio unificante y un principio de actividad y, como tal, es un centro dinámico que engendra una esfera luminosa y que extiende su materia en todas las direcciones. Para este filósofo, el último límite de la extensión de la luz es el firmamento, convirtiéndose de esta manera la luz en la "primera forma corpórea". Para él, se trata de una luz simple, que carece de dimensiones, pero que se multiplica a sí misma infinitamente a fin de engendrar cantidades finitas. En su doctrina óptica examina la luz como una forma de lo corporal y como primer principio efectivo del movimiento de las cosas²³.

2. La existencia de una radiación desde el ojo hasta el objeto.

S. V aC. Defendida por los Pitagóricos quienes sostenían que la percepción era producto de la emisión de rayos del ojo hacia el objeto. Estos rayos proporcionan la información de la forma y el color de los objetos.

S. IV aC. Arehytos consideraba la existencia de un "fuego invisible" que irradia

de los ojos, como emanando del alma, hacia el objeto. Pensaba que hay una recepción de información visual a distancia a través de la luz como intermediario.

S. III aC. Aristóteles (384-322 a.C.) manifestaba que existe una emisión de rayos surgidos en el ojo que van hasta el objeto y que éste tiene una reacción sobre dichos rayos, produciéndose así la visión, aunada a la acción de un intermediario invisible (el aire) que, por su carácter diáfano, debe ser activado por un material luminoso (antorcha). Aristóteles fue uno de los principales defensores de la teoría de que la luz es transportada a través de un medio invisible: el éter.

S. III aC. Euclides, por su parte, creía que el ojo emitía rayos al objeto. Definió que éstos eran rectos.

S. V aC. Theón de Alejandría fundamentaba esta misma corriente, diciendo que la función radiante del ojo se debía a la forma convexa y globular del ojo.

S. XIII dC. Roger Bacon (¿1220?-1292), quien fue alumno de Grosseteste, basó su investigación en dos cuestiones. La primera es el tránsito a la experiencia en el conocimiento de la naturaleza (experiencia interna, como paso a la mística, y externa, como conocimiento de la realidad natural) y a la explicación matemática de los fenómenos. Para él, los rayos van del ojo al objeto, escudriñándolo y produciéndose así la visión.

3. La vista es una interacción entre los “simulacros” emitidos por el objeto y el “fuego” emitido por el ojo para ver.

S. V aC. Empédocles, quien combinó las ideas de los pitagóricos y de los atomistas, pensaba en la visión como una interacción entre las imágenes emitidas por el objeto y una acción del ojo. Fue de los primeros en difundir la idea de que el intermediario de la visión, la luz, viene del objeto y es recibida por el órgano de la percepción visual.

S. IV aC. Para Sócrates (¿470?-399) el objeto es “blanco” y, al interactuar con el “fuego” visual proveniente del ojo, se produce la visión de los colores.

S. III aC. Platón (428 o 427-348 o 347) en su teoría de la sinagía manifestó

que hay un puente en donde se mezclan los rayos de los ojos con las emisiones de los cuerpos. En sus referencias a la luz como medio que hace posible la visión, la concebía no únicamente desde el punto de vista físico, sino que para él la luz procede lo mismo de una fuente exterior (el sol) como de una fuente interior (el ojo).

4. Los objetos que percibimos emiten "radiaciones" a las cuales nuestros ojos son sensibles.

Para los atomistas de la escuela de Demócrito (s. V a.C.), los objetos emiten imágenes (simulacros). Manifestaban la existencia de una sustancia radiante capaz de hacer la distinción entre la claridad y los colores. Para ellos la luz en cierto modo era "autónoma" y esto significaba que aunque en el último de los casos procediera de Dios, no necesitaba forzosamente de la fé.

S. XVII dC. Descartes (1596-1650 dC) basó sus ideas principalmente en la concepción aristotélica-tomista. Para él, existe una luz interna, capaz de aprehender las "verdades eternas" (o por lo menos, de reconocer una idea verdadera por medio de una evidencia interna). Para él, esta luz no "percibe jamás ningún objeto que no sea verdadero... en lo que conoce clara y distintamente"²⁴.

S. XVIII y XIX dC. Esta interpretación también se presentó en algunos de los románticos alemanes como Schlegel, Schelling y Von Baader quienes utilizaron el concepto de luz en sus ideas sobre las relaciones entre la Naturaleza y el Espíritu. Schelling mostró la luz como una especie de éter (un medio) en el cual se movía el alma universal. En su doctrina de las Potencias, incluyó a la luz como una de las potencias de la Naturaleza. Para él, la Naturaleza tiene tres unidades: pesantez, luz y organismo²⁵.

S. X. Al-Hazen (963-1038), fundamentó una serie de razones por las cuales la luz va hacia el ojo y no es proyectada por él. Por principio indicó que si se hace brillar una luz emitida por un espejo reflector de luz de sol sobre los ojos cerrados, éstos tendrán una luminosidad sin que se produzca focalización de los rayos del ojo en el espejo. En segundo lugar, explicó que las estrellas no son visibles de día porque su brillo es inferior al del sol.

S. XIII dC. Isaac Newton (1642-1727) consideraba que los rayos luminosos están compuestos por partículas de materia extremadamente pequeña emitidas por una fuente luminosa. Newton desarrolló la teoría corpuscular de la luz. Sin embargo, nunca descartó la posibilidad de una concepción ondulatoria.

S. XVII dC. Chrystiaan Huygens (1629-1695) hablaba de la luz como una sustancia o un accidente en la materia o como el resultado de las vibraciones de una sustancia imponderable (tal vez el éter). El éter está esparcido por todo el espacio que no está ocupado por otra cosa. Huygens desarrolló tan satisfactoriamente los fenómenos de reflexión y refracción de la luz en la base de una concepción ondulatoria, que ésta se impuso durante mucho tiempo a las demás.

S. XVIII dC. Tomas Young contribuyó a los estudios de Huygens considerando a la luz como un fenómeno ondulatorio y descartando así la teoría de la emisión de la luz.

S. XIX dC. Helmholtz, quien trabajó con Young, descubrió las primeras curvas de sensibilidad del ojo. Juntos descubrieron el rojo, el verde, el violeta-azul y explicaron las impresiones de color por las combinaciones de los diversos receptores sensibles al color.

S. XIX dC. James Clerk Maxwell fundó una teoría electromagnética, según la cual, la luz es una forma de radiación electromagnética. Descubrió que la velocidad de propagación de la luz es de 300 000 km/seg. en el vacío aproximadamente. Las investigaciones de Maxwell y Hertz, quien midió la longitud de onda de las radiaciones electromagnéticas y determinó las bandas de longitudes de onda sensibles al ojo, fueron consideradas como un avance indiscutible en la física.

A fines del siglo XIX el intento de explicar el efecto fotoeléctrico condujo a Einstein a proponer una teoría corpuscular de la luz. De este modo, se habló de los "cuantos de luz" (llamados por Lewis fotones, en 1926), los cuales poseen energía y se considera que tienen un carácter ondulatorio. De este modo, desde Einstein y Planck, la teoría de la luz ha ido de la mano a los estudios de la estructura del átomo²⁶.

A partir de ese momento y durante todo este siglo, se han desarrollado ininidad de investigaciones en torno a los procesos de percepción de la luz y los colores.

1.2.2 Física

A raíz de los estudios e investigaciones científicas desarrolladas principalmente en el último siglo, se ha podido llegar a conclusiones concretas sobre la naturaleza de la luz. Es por esto que este subtema se enfocará puramente a considerar a la luz desde la perspectiva física.

La luz es un agente físico que se propaga como energía de radiación y a la cual el ojo reacciona analizándola, por lo que sin ella la visión no sería posible.

Físicamente, es un fenómeno ondulatorio que "se propaga a través de sustancias como el aire, el agua, el vidrio, etc., con velocidad considerable: en el vacío o en el aire recorre 300 000 km/seg.; en otros medios, esta velocidad, si bien se mantiene muy elevada, es inferior a la precedente (225.000 km/s en el agua)"²⁷; sus ondas son transversales y, por consiguiente, se pueden polarizar, esto es, que las ondas son orientadas a una misma dirección con lo cual es posible la visión de los cuerpos.

La luz es perceptible a nuestra vista gracias al fenómeno de la reflexión o reflectancia, es decir, a la capacidad que todo cuerpo tiene de "rebotar" un porcentaje de la luz que recibe. Por su importancia, de ella hablaré más adelante.

Pero, al mismo tiempo, para que la luz se manifieste y sea perceptible para nosotros, es necesaria la participación e interacción de toda una serie de elementos que son la energía luminosa, la materia, el ojo y el cerebro con todo su funcionamiento.

Como he mencionado, la luz se propaga en forma de energía de radiación electromagnética, de la cual nosotros recibimos sólo una pequeña parte. El objeto, como materia, tiene la capacidad de absorber, de manera selectiva, una parte de la energía luminosa; una parte de la luz que choca en la superficie, es difundida en todas las

direcciones como reflejo; otra porción de la luz es transmitida; otra parte es absorbida y transformada en calor y la otra cantidad de la luz que no ha sido absorbida por las partículas de pigmento, es reenviada y remitida por la superficie como una radiación de luz, en dirección al ojo.

A lo anterior se debe que, sin la materia, la luz viajaría de manera dispersa, siempre en la misma dirección y con la misma velocidad y por ello sería imperceptible al ojo humano.

El ojo es el órgano capaz de distinguir y analizar la energía luminosa que recibe del objeto en cuanto al lugar, la dirección, la distancia, la intensidad y la longitud de onda dominante. La luz remitida y a veces transmitida desde cada punto del espacio es proyectada a través del cristalino, que es quien nos permite enfocar, sobre la retina.

Sin embargo, aquí no termina el proceso de percepción; es más, aún en este punto todavía no es posible la visión. Los datos recibidos por el ojo son transmitidos al cerebro en forma de impulsos nerviosos por medio de los dos nervios ópticos, hasta el centro cerebral de la visión. Ya ahí, toda la información asimilada e integrada nos permite ver y analizar el mundo de imágenes que nos rodea.

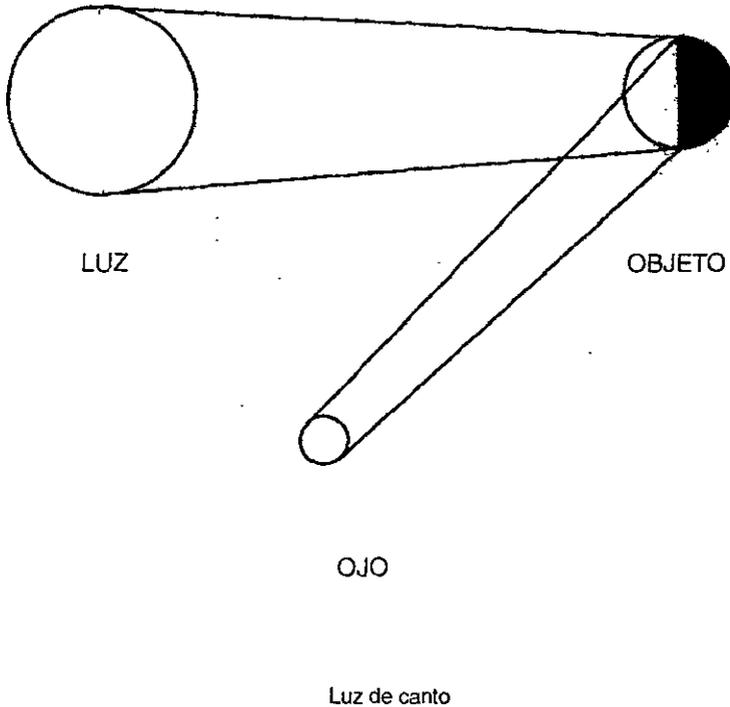
En conclusión se puede decir que “la luminosidad que vemos depende, de una manera compleja, de la distribución de luz dentro de la situación total, de los procesos ópticos y fisiológicos que se operan en los ojos y sistema nervioso del observador, y de la capacidad física del objeto para absorber y reflejar la luz que recibe”²⁸.

1.3 Fenómenos luminosos

Entre los estudios más importantes realizados ante los diferentes fenómenos luminosos que ocurren en la naturaleza, se encuentran los efectuados por Leonardo da Vinci.

Con base en sus observaciones pudo dividir cada uno de los fenómenos en diferentes categorías según sus características propias.

Por principio, hay que destacar que Leonardo encuentra y analiza que las condiciones en que puede ocurrir la relación luz-sombra son básicamente tres:



Este aspecto es fundamental para poder comprender los fenómenos luminosos, ya que sin la relación luz-sombra, simplemente sería imposible la visión y la percepción de los diferentes volúmenes y relieves de los objetos que hay a nuestro alrededor.

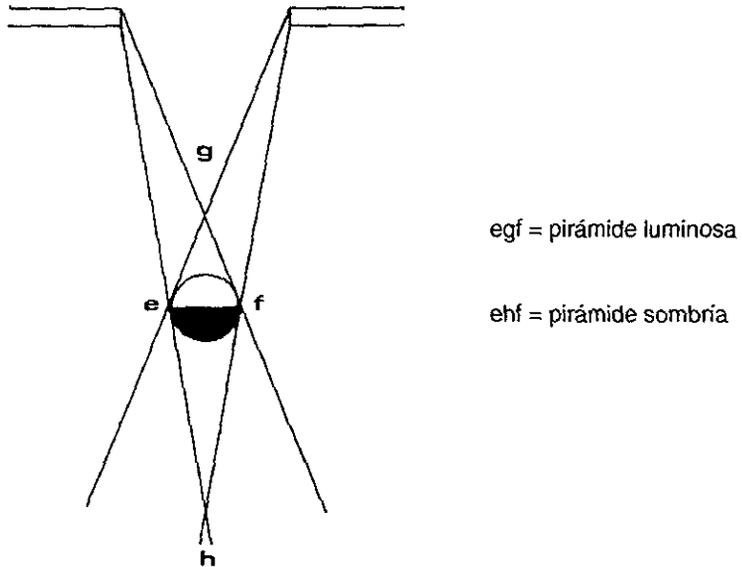
Pero las investigaciones de Leonardo da Vinci lo llevaron a comprobar que existen diferencias entre la luz propia de los cuerpos luminosos, la luz que se produce a campo abierto, llamada por él luz libre y la luz que se proyecta a través de materiales tales como una ventana, llamada luz confinada.

De la misma manera, estudia cómo las luces que iluminan los cuerpos opacos pueden ser: particular, como la del sol, la del fuego, la que pasa a través de una ventana

o cualquier cuerpo transparente; universal, como la que existe en días nublados y en el horizonte en general; la luz reflejada y la que pasa a través de cuerpos translúcidos, como el caso de una tela, papel, etc., definiendo cómo cada una de ellas tiene diferentes características y calidades.

Es importante indicar que para Da Vinci la luz "actúa de manera similar al ojo, en el sentido de que su centro es el que arroja la verdadera sombra"³²; esto es, que todo cuerpo luminoso tiene en sí mismo un centro desde el cual y hacia el cual confluyen todas las líneas. De ahí que un cuerpo será menos confuso mientras la luz sea más lejana, ya que el rayo central lleva un número menor de rayos falsos ante una mayor distancia. Se desprende así que todos los rayos luminosos siguen un camino direccional recto, siempre y cuando no se interfiera en ellos un aire más denso o algún otro medio que los desvíe (refracción).

También hay que indicar que los rayos luminosos son más intensos en sus ángulos que en sus lados, y que toda luz y sombra se expresa por líneas piramidales, esto es, que tanto las luces como las sombras tienen la cualidad de intersectar sus líneas exteriores entre la parte luminosa y sombría del cuerpo confirmándose, de esta manera, que todo cuerpo sombrío se sitúa entre pirámides, una oscura y otra luminosa, tal y como se puede ver en el diagrama:



Esto ocurre sólo cuando la luz o la sombra inciden directamente sobre el cuerpo, luego de pasar por un medio tal como lo es una ventana.

1.3.1 Luz incidente

La luz incidente, llamada por Leonardo da Vinci separada o primitiva, es la que ilumina directamente un cuerpo.

Su característica fundamental es que al ser una luz producida directamente desde la fuente, es fuerte e intensa. De ella, la luz que cae sobre los cuerpos entre ángulos rectos es la más deslumbrante, mientras que la parte que aparece más oscura del cuerpo es la que recibe la luz entre ángulos obtusos.

La parte de un cuerpo que reciba el rayo luminoso entre ángulos iguales será más luminosa que cualquiera otra de ese cuerpo, mientras que la parte que apenas sea rozada por el rayo luminoso entre ángulos desiguales parecerá menos luminosa³³.

Mientras que las zonas iluminadas de un cuerpo son constantes siempre y cuando las condiciones de iluminación no varíen, el brillo (la luz más intensa de un cuerpo), es variable dependiendo del movimiento que tenga el ojo que lo está mirando.

1.3.2 Luz reflejada y luz derivada.

La luz reflejada es aquella producida por un rebote de luz incidente, mientras que la luz derivada es el resultado final de ese rebote, es decir, es la luz que produce un cuerpo iluminado sobre otro, y no la producida directamente desde la fuente de luz. Para Leonardo da Vinci, la luz reflejada y la derivada es la misma³⁴.

Este tipo de luz tiene como característica fundamental ser mucho más tenue y sutil que la incidente, ya que un cuerpo luminoso que se encuentra rodeado de otro u otros más luminosos siempre parecerá de menor intensidad lumínica.

En este tipo de efectos, la distancia entre los cuerpos también juega un papel decisivo, pues cuanto más próximo esté el cuerpo luminoso al cuerpo sombrío, mayor será la luminosidad de éste, aunque será menor la parte iluminada, y a la inversa, cuanto más lejano esté el cuerpo luminoso al cuerpo sombrío, menor será su luminosidad aunque será mayor la parte iluminada³⁵.

Notas:

- ¹ Arnheim, Rudolf, *Arte y percepción visual*, p. 357
 - ² Nieto Alcaide, Víctor, *La luz, símbolo y sistema visual*, p. 95
 - ³ López, Oswaldo, *Estética de los elementos plásticos*, p. 112
 - ⁴ Baumgart, Fritz, *Historia del Arte*, p. 252.
 - ⁵ Arnheim, Rudolf, *op cit*, p. 358
 - ⁶ *ibid*, p. 359
 - ⁷ Petzold, Paul, *La iluminación en el retrato*, p. 140
 - ⁸ Stelzer, Otto, *Arte y fotografía: contactos, influencias y efectos*, p. 33
 - ⁹ Petzol, Paul, *op cit*, p. 141
 - ¹⁰ Hecken, Sylvia (coord.), *Aperture masters of photography, Edward Weston*, p. 28
 - ¹¹ Sensualidad: Forma psicológica empírica que afirma que todos los contenidos mentales se produce originalmente como sensaciones, que todas las facultades llamadas superiores proceden por desarrollo de la sensación y que todas las ideas provienen de una combinación de datos sensibles, de: Antonio Alatorre (ed.), *Diccionario de psicología*, p. 329.
 - ¹² Evans, Tom, de: Colin Naylor (ed.), *Contemporary photographers*, p. 1111
 - ¹³ Hecken, Sylvia (coord.), *op cit*, p. 48
 - ¹⁴ Scharf, Aarón, *Art an photography*, p. 298
 - ¹⁵ *ibidem*
 - ¹⁶ Rotzler, W, *Photography as artistic experiment from Fox Talbot to Moholy-Nagy*, p. 163
 - ¹⁷ Harmel, Carole, de: Colin Naylor (ed.), *Contemporary photographers*, p. 653.
 - ¹⁸ Erotismo: Desarrollo y exhibición exagerados de reacciones y sensaciones sexuales. En ciertas escuelas de literatura, arte o medicina, la tendencia a magnificar los factores sexuales en el hombre y la naturaleza, de: Antonio Alatorre (ed.), *Diccionario de psicología*, p 111
 - ¹⁹ Witkin, Joel-Peter, de: Colin Naylor (ed.), *Contemporary photographers*, p. 1124.
 - ²⁰ Bagder, Gerry, de: Colin Naylor (ed.), *Contemporary photographers*, p. 1125
 - ²¹ Ferrater Mora, José, *Diccionario de filosofía*, tomo 3, p. 2054
 - ²² *ibidem*
 - ²³ *ibid*, tomo 4, p. 2877
 - ²⁴ *ibid*, tomo 3, p. 2057
 - ²⁵ *ibidem*
 - ²⁶ *ibid*, p. 2058
 - ²⁷ Rat y Roger, *Luz y colores*, p. 11
 - ²⁸ Arheim, Rudolf , *op cit*, p. 337.
-

- ²⁹ Da Vinci, Leonardo, *Tratado de pintura*, p. 165
³⁰ *ibid*, p. 166
³¹ *ibid*, p. 165
³² *ibid*, p. 172.
³³ *ibid*, p. 182
³⁴ *ibid*, p. 170
³⁵ *ibid*, 183
³⁶ Hedgecoe, John, *Guía completa de fotografía*, p. 188
³⁷ *ibid*, p. 199



2. Óptica

2.1 Naturaleza (Leonardo da Vinci)

En el capítulo anterior traté el tema de la luz; sin embargo, como ya se vió, no es posible entenderla sin la participación fundamental del órgano de la visión.

Como se habló en temas anteriores, el fenómeno luminoso no puede considerarse "culminado" sin antes haber hecho su recorrido a través de nuestros ojos y nuestro cerebro.

Es por esto que este tema está dedicado a la actuación de la vista y todos los procesos que en nuestro organismo se generan no sólo para la percepción de la luz entendida como "claridad" y "oscuridad", sino también para comprender cómo se efectúa la percepción del color.

El ojo es un órgano globular en el que tienen inicio los procesos de percepción visual, es decir, es el órgano que da entrada a todo nuestro complejo funcionamiento que llamamos vista.

Sin penetrar en cada uno de los elementos que componen este órgano, mencionaré únicamente los que juegan el papel decisivo en el tema que se está tratando. En la retina, que es una membrana que recubre gran parte del interior del globo ocular, es básicamente en donde se lleva a cabo la visión. Dentro de ella se encuentran dos componentes que realizan un trabajo muy específico e importante en la percepción. El cristalino, que es una lente biconvexa, permite el enfoque de lo más lejano y lo más cercano y, el iris, que regula la dilatación y contracción de la pupila, controlando así la entrada de luz.

También dentro de la retina se hallan dos diferentes tipos de receptores, los conos y los bastones. La función de los primeros, que a su vez se encuentran en tres

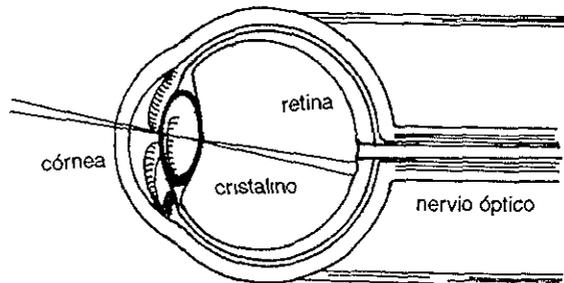
formas diferentes (cada una sensible a tres distintas áreas del espectro), es captar y unir cuantos de luz. Estos cuantos, que nos llegan como radiaciones electromagnéticas son transformados por el órgano de la vista y a través de los dos nervios ópticos llegan al cerebro en forma de impulsos nerviosos, en donde se produce por completo la percepción de la imagen, luego del reconocimiento y la asimilación.

Los conos, sin embargo, no tienen la función de captar las radiaciones lumínicas de manera cualitativa, sino que sus tres formas son aquellas que generan que en nosotros se produzca la sensación de color. Esto indica que los conos no “ven” el color, únicamente poseen capacidad para percibir los tres tipos de longitudes de onda (largas, medianas y cortas), que son aquellas que producen la percepción de los tres colores primarios: las ondas largas correspondientes al rojo, las medianas al verde y las cortas al azul. A esto hay que agregar que el ojo posee un mecanismo de adaptación “que siempre muestra la tendencia a situarse en un nivel de percepción intermedio”¹.

A partir de los colores primarios de la luz (rojo, verde y azul), el ojo es capaz de reconocer una gama infinita de colores, de ello depende la manera en que sean activadas las tres longitudes de onda, provocando la combinación de dos o más colores.

Por su parte, los bastones son células visuales que sólo son capaces de percibir diferencias de luminosidad. La percepción de la luminosidad se realiza por un proceso semejante al de los conos, esto es, las radiaciones electromagnéticas llegan al ojo (captadas por los bastones) y al cerebro quien las transforma en impresiones ópticas.

En este esquema del ojo se podrán identificar las estructuras que he descrito anteriormente, con la finalidad de llegar a una comprensión más clara de su ubicación y funcionamiento.



Esquema del ojo

A pesar de que actualmente se sabe a ciencia cierta como funciona la visión, en realidad el proceso de percepción ha sido causa de numerosas investigaciones e interpretaciones desde que el hombre existe. Los estudios de óptica de Euclides establecen ya claramente principios generales de la perspectiva; no obstante, el problema era entonces transformar estos estudios en un espacio ilusionista².

No fue sino hasta poco antes del Renacimiento, y durante él (s. XV y XVI), cuando se logró construir un sistema de representación que fuera reflejo de la realidad y que vinculara definitivamente a la perspectiva con las artes mediante la reproducción de la naturaleza.

En este sentido el trabajo de Leonardo da Vinci fue determinante, no sólo gracias a sus estudios científicos que en una parte considerable permanecen vigentes en nuestros días, sino por sus aplicaciones prácticas en el arte.

En sus estudios logra definir con bastante fidelidad el funcionamiento del ojo humano, del que destaca las siguientes cualidades:

- La pupila del ojo disminuye al aumentar la luz que en ella se refleja.
 - La pupila del ojo aumenta al disminuir la luz que en ella se refleja.
 - Mientras más nítidamente el ojo ve los objetos, su pupila se dilata más.
 - En un lugar umbroso y sombrío todos los colores parecen de claridad idéntica.
 - En un lugar luminoso los colores en nada varían a su escala.
 - El ojo no puede ver bien un cuerpo extremadamente próximo a él; así; para que un objeto sea visto perfectamente, éste debe estar a una distancia por lo menos similar al tamaño del rostro.
 - Los objetos vistos con un sólo ojo serán confusos, por ello los dos ojos deben dirigirse sobre el objeto formando la pirámide visual.
 - Los objetos que vemos parecen mayores a medianoche y de mañana que a mediodía. Esto ocurre porque a mediodía la pupila es menor que a cualquier otra hora (gracias a la luminosidad).
 - Cuando la pupila es mayor, las cosas se ven más grandes.
 - El ojo, al salir de las tinieblas, verá un cuerpo luminoso mucho más grande de lo que es.
 - Si el ojo se desplaza de un lugar con gran luminosidad a otro con menor, todos los
-

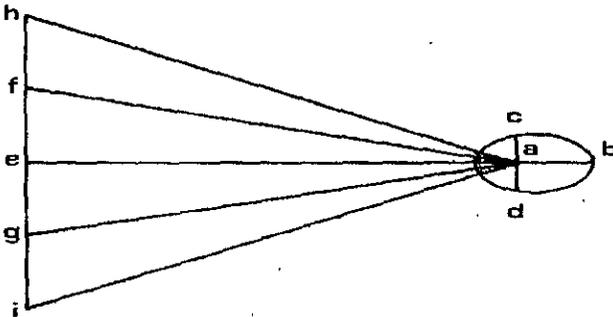
objetos que haya en él se verán sombríos.

- Un cuerpo luminoso alargado, se verá más redondeado mientras más lejos esté.
- La pupila se contrae o se dilata según la claridad u oscuridad de su objeto.

Da Vinci, descubre que el ojo ve todos los objetos invertidos (de cabeza), y que es capaz de retener las imágenes por algún tiempo después de haber sido vistas. Para él, la intersección de los rayos luminosos en los bordes de la pupila invierte las imágenes que ellos transportan, siendo ésta la idea principal en el funcionamiento de la cámara oscura.

De este modo, una de las más grandes aportaciones de Leonardo consta precisamente en haber entendido y explicado cómo el ojo realiza la percepción de las cosas, cuestión que fue básica para el desarrollo de la perspectiva.

En base a su interpretación, el ojo ve de la siguiente manera:



La visión según Leonardo da Vinci

Aquí, el óvalo es el ojo en donde *a* es el punto en el que confluyen los rayos de luz; la separación *cd* es la luz. Todos los objetos reflejados en esa luz atraviesan un "humor cristalino". Cuando la pupila recibe los objetos por medio de la luz, éstos son transmitidos al intelecto a través de la línea *ab*. La única

manera de que la imagen llegue con nitidez al intelecto es por medio de una línea recta, *ea*. Las demás líneas formadas por *h*, *f*, *g*, *i*, no son captadas con nitidez porque no pasan de forma recta por la línea *ab*.

La importancia de este estudio radica en el hallazgo de que todos los objetos visibles llegan al ojo por medio de pirámides lineales, cuyo vértice se forma en el centro

de la pupila, en un punto único e indivisible (a).

La perspectiva confirma que todos los objetos transmiten sus imágenes al ojo a través de pirámides lineales. Estas tienen su origen en los extremos de los cuerpos y convergen en un sólo punto indivisible. De esta forma, el ojo es capaz de definir al mismo tiempo la distancia y la dirección de los objetos.

También Da Vinci encuentra que este punto único del ojo coincide exactamente con el denominado punto de fuga, que es el límite de todo lo que el ojo puede ver. Esto quiere decir, que el punto de fuga se encuentra siempre en el extremo opuesto al ojo según una línea recta que tiene su origen en el "punto" del ojo.

A partir de esta idea, Da Vinci interpreta que el aire está lleno de imágenes que causan los cuerpos y colores existentes y que éstos se encuentran a su vez formando infinidad de pirámides que a pesar de interceptarse y encontrarse tan próximas unas de otras, no se confunden entre sí.³

Ahora bien, volviendo a la percepción invertida de los objetos, en numerosas ocasiones se ha dicho que Leonardo da Vinci fue quien descubrió el funcionamiento de la cámara oscura, pero para algunos escritores de la época como Vitruvio (autor de Los diez Libros de Arquitectura), por ejemplo, esta invención corresponde a Benedettino Don Panupio. No obstante, en sus escritos, Da Vinci hace numerosas referencias que conducen a la comprensión del funcionamiento de la cámara oscura.

La idea de la percepción invertida la comprueba con el ejemplo de una habitación oscura en la que se abre un pequeño orificio que da a la calle en donde existen objetos iluminados. Todos esos objetos proyectarán sus imágenes a través del orificio y aparecerán en el lado opuesto de la habitación reflejados y de manera invertida. Si esos cuerpos son de distintos colores y formas, de esos colores y formas serán los rayos de las imágenes, lo mismo que los simulacros que aparezcan en el muro.

En el ojo ocurre un fenómeno semejante, con la diferencia de que en él se dan dos inversiones de las imágenes. Según Da Vinci, la primera se produce en la pupila en donde las imágenes se invierten y, la segunda, en la esfera cristalina, donde éstas

nuevamente se invierten, provocando que podamos ver los objetos al derecho. En esta aseveración Leonardo comete un error, pues efectivamente la caída de los rayos luminosos en los bordes de la pupila produce que las imágenes se inviertan en primera instancia, pero el error radica en que Leonardo creía que el cristalino se encontraba justo en el centro del ojo, con lo que justificaba la segunda inversión. Actualmente se sabe que esto es falso y que en realidad nuestro cerebro es el que trabaja analizando cada una de las imágenes que podemos percibir y provocando que veamos un mundo al derecho y no de cabeza.

2.2 Refracción

En un medio transparente y homogéneo bien definido, como el aire, la luz se propaga en línea recta. Sin embargo, muy comúnmente los haces luminosos encuentran en el recorrido de su propagación una superficie de separación de dos medios transparentes de diferente densidad como son aire-agua, aire-vidrio y vidrio-agua. Cuando la dirección del rayo luminoso es normal a la superficie de separación de los dos medios, éste sigue su curso atravesando ambas superficies sin ningún cambio. Si en lugar de esto, el rayo incidente golpea la superficie de manera oblicua, el rayo transmitido es refractado.

Se puede considerar que la primera causa de la refracción es el cambio de velocidad de la luz al pasar de un medio a otro. Esto ocurre debido a que mientras más elevada es la densidad óptica de una sustancia, más baja es la velocidad de la luz en dicha sustancia.

El ratio de velocidad de la luz en el espacio vacío, la velocidad de la luz en el aire, etc., es el índice de refracción de esa sustancia de una longitud de onda dada. De esta forma se puede afirmar que el cambio de velocidad de la luz es en parte determinado por la longitud de onda de la luz usada y esto es lo que genera la refracción. Mientras la longitud de onda aumenta, el índice de refracción disminuye ligeramente.

Cuando un rayo luminoso pasa del agua al aire, éste se separa de la normal,

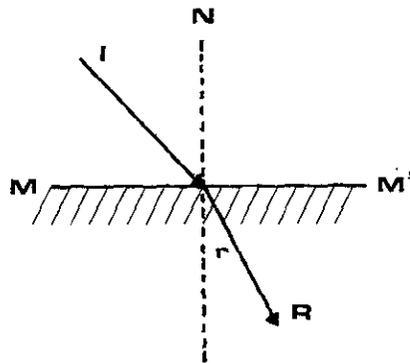
ocurriendo lo contrario cuando el rayo pasa del aire al agua (se aproxima a la normal).

A los cuerpos que tienen la propiedad de aproximar los rayos a la normal, se les llama más refringentes que el aire. Estos son por ejemplo el agua, el vidrio y la mayoría de los cuerpos transparentes. En el caso de las lentes y los prismas, el funcionamiento de éstos está basado en las leyes de la refracción⁴.

En 1621 el astrónomo alemán Willebor Snell descubrió que el rayo incidente, la normal y el rayo refractado se encuentran en un mismo plano. También descubrió que el ratio del seno del ángulo de incidencia al seno del ángulo de refracción es una constante, numeralemente igual al índice de refracción.

En fotografía el uso de lentes se basa principalmente en las leyes de la refracción.

MM' representa una superficie refractora; N es la normal que atraviesa la superficie MM' exactamente de manera perpendicular a ella; I es el rayo de incidencia (rayo incidente); R es el rayo refractado luego de atravesar la superficie MM'; r es el ángulo de refracción⁵.



Refracción

2.3 Reflexión

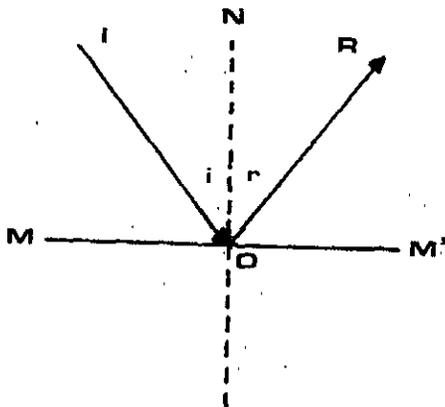
Los objetos que vemos físicamente nos son perceptibles gracias a su propia luz o debido a la luz que reflejan. Como ya se ha dicho, todos los cuerpos iluminados son capaces de devolver o rebotar una parte de la luz que reciben. Existen objetos que tienen

la facultad de regresar la luz en una sola dirección perfectamente definida; éstos son, por ejemplo, objetos lustrosos o pulidos, como el caso de un metal pulido o como un líquido en reposo. A esta facultad se le llama reflexión de la luz. Los objetos con superficies ásperas o con texturas también reflejan la luz, pero a diferencia de los anteriores, lo hacen de una manera irregular o difusa, regresando la luz en todas las direcciones.

Sin embargo, y como también se ha mencionado, no toda la luz que cae sobre los objetos es reflejada. Una parte de ella es absorbida o, en algunos materiales delgados como películas, transmitida. El radio de la luz reflejada desde una superficie hasta la totalidad de la luz alcanzada se llama reflectancia de la superficie. Es importante saber que la reflectancia no depende de la intensidad de la luz, aunque normalmente aumenta con el incremento de las longitudes de onda de la luz usada.

En el siguiente diagrama se podrá entender más fácilmente cómo se efectúa la reflexión.

MM' representa a una superficie reflectora uniforme. I es el rayo de incidencia que cae en la superficie (rayo incidente); R es el rayo regresado por la superficie (rayo reflejo).



La línea ON perpendicular a MM' (la superficie) en el punto de incidencia O es conocida como la normal. La normal es una línea imaginaria que ayuda a definir el rayo reflejado luego de conocer la dirección del rayo incidente. El ángulo que se genera entre el rayo incidente y la normal, es el ángulo de incidencia, i ; el ángulo entre el rayo reflejo y la normal es el ángulo de reflexión, r . Los rayos de luz en realidad no tienen existencia física, sólo indican las direcciones del camino que sigue la luz en su viaje⁶.

Reflexión

A partir de las características vistas arriba se derivan las leyes de la reflexión:

1. Esta ley de la reflexión fue formulada por primera vez por Euclides en el año 300 a.C. Determina que "el ángulo de incidencia (i) es siempre igual al ángulo de reflexión (r)"⁷.
2. La segunda ley de la reflexión se le atribuye al óptico árabe Al-Hazen. Establece que "los rayos incidentes y de reflexión se encuentran en el mismo plano que la normal en el punto de reflexión"⁸.
3. En 1658 Fermat formuló un principio que va de la mano a las leyes de la reflexión. Establece que "siempre que la luz proceda de un punto a otro, sigue el camino óptico más corto posible, así como toma el menor tiempo posible en su viaje"⁹. Este principio es igualmente aplicable en la reflexión de cualquier tipo que sea como en la refracción.
4. Por su parte, René Descartes formuló la llamada ley del retorno inverso en donde se establece que "la correspondencia entre el rayo incidente y el rayo reflejo es independiente del sentido de la propagación de la luz"¹⁰.

Concretamente para nuestro trabajo, "las leyes de la reflexión tienen gran importancia para el fotógrafo que desea, por ejemplo, tomar fotografías en un espejo o de una escena reflejada en el agua. Las mismas leyes se aplican al empleo de un reflector para aclarar las sombras"¹¹.

La ley que demuestra que el ángulo de reflexión es igual al ángulo de incidencia, en fotografía nos permite saber cuál debe ser el ángulo según el cual debe colocarse un reflector para dirigir la fuente de luz (ya sea de una lámpara o del propio sol) sobre las zonas en sombra del objeto o sujeto a fotografiar. Esto permitirá que algunos de los rayos que no se dispersen actúen sobre el objeto como si se estuviera utilizando una superficie pulida.

El ángulo correcto de un reflector se logra imaginando una línea recta desde la fuente luminosa hasta el reflector y otra de la zona en sombras hasta el mismo reflector. Al lograr que estas líneas imaginarias formen un ángulo igual con la superficie del reflector, se podrá conseguir más cantidad de luz en las sombras.

2.4 La lente

Como ya se ha visto, existen diferentes medios en los cuales la luz sufre la refracción. Entre los más importantes y que resultan elementales en la fotografía se encuentran los lentes.

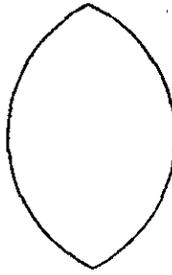
Los lentes, casi siempre elaborados de vidrio, son medios refringentes que tienen como función principal la formación de imágenes. Todos los lentes se encuentran limitados por dos superficies de las cuales una por lo menos es curva y, para su funcionamiento, no sólo importa la forma de sus caras, sino el índice de refracción del material.¹²

Esencialmente se distinguen dos tipos de lentes: los convergentes, llamados también positivos, y los divergentes o negativos.

Los convergentes se caracterizan por tener los bordes delgados y el centro más ancho. Poseen por lo menos una superficie convexa y tienen la capacidad de formar una imagen real, esto es, que puede enfocarse sobre una pantalla.



Plano convexo



Biconvexo

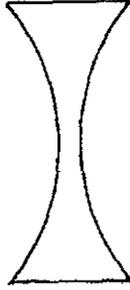


Menisco

Los divergentes se caracterizan por tener los bordes gruesos y su centro más angosto. Tienen por lo menos una superficie cóncava y debido a que los rayos de luz que lo atraviesan se alejan del eje óptico, únicamente pueden formar imágenes virtuales o sin un correcto enfoque.



Plano cóncavo



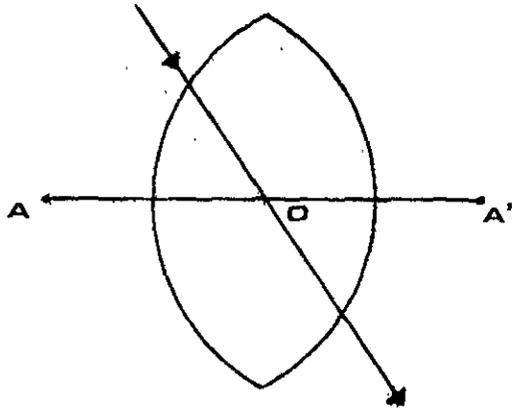
Bicóncavo



Menisco

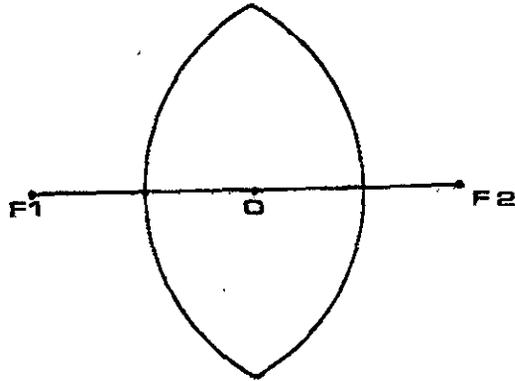
En general, los lentes más empleados en fotografía son los biconvexos y los bicóncavos. A continuación haré una descripción del funcionamiento de éstos.

Todos los lentes constan de un eje principal, imaginario, que los divide de forma simétrica (AA'). Del mismo modo poseen un centro óptico (O) que indica el centro del lente. Si un rayo luminoso pasa justamente por el centro óptico, éste atraviesa el lente sin desviación.

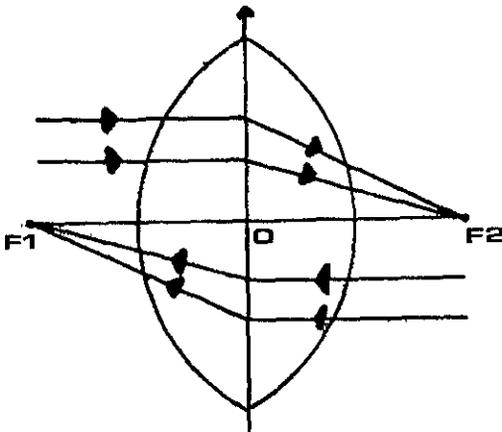


Lentes convergentes (convexas).

Los lentes convergentes poseen dos focos situados sobre su eje principal que se hallan dispuestos simétricamente, es decir, a la misma distancia del centro óptico, de modo que la luz puede llegar de ambos lados.

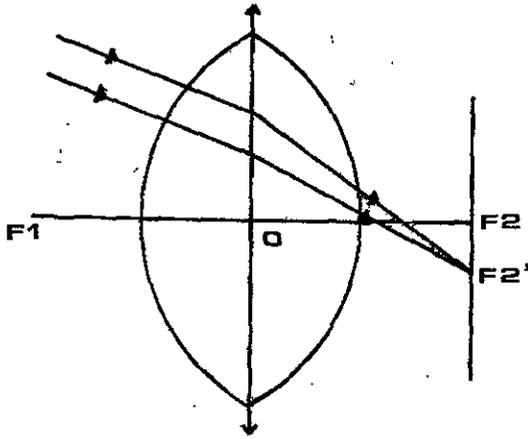


F1F2 eje principal del lente



Si un lente convexo recibe luz paralela al eje principal, ésta, después de refractarse y debido a ello, convergerá en el foco:

Los haces de luz paralelos convergen en el eje principal.

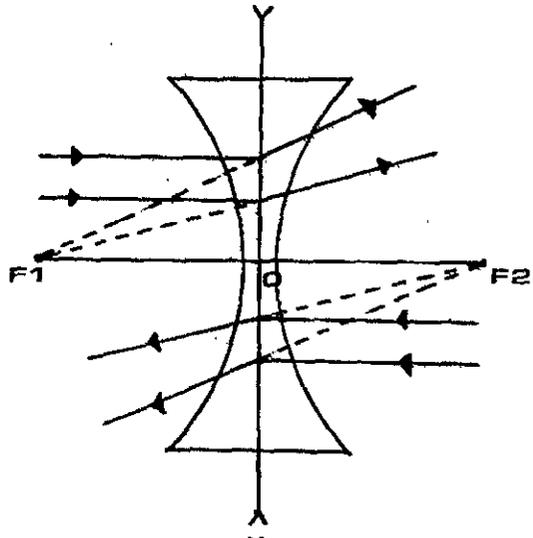


En el caso de que los haces luminosos lleguen ligeramente inclinados respecto al eje principal, cada uno de ellos tendrá un punto de convergencia llamado foco secundario.

Los haces de luz inclinados o no paralelos con respecto al eje principal, formarán focos secundarios, $F2'$

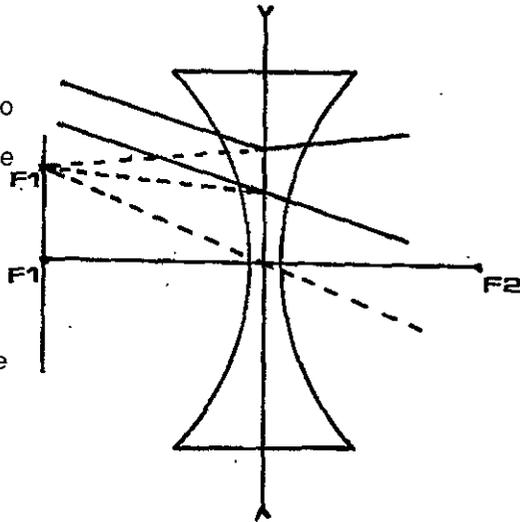
Lentes divergentes (cóncavas).

De la misma manera que los convergentes, éstos poseen dos focos. En este caso, todo haz lumínico paralelo al eje principal diverge luego de la refracción, de manera que aparente provenir precisamente del foco principal correspondiente.



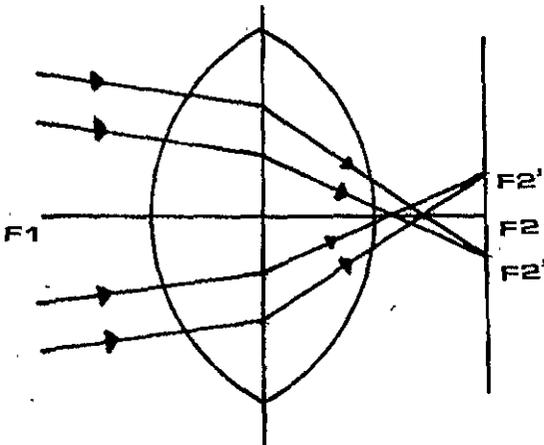
Los haces de luz paralelos al eje principal divergen después de la refracción.

Con haces ligeramente inclinados respecto al eje principal, la divergencia también se da hacia focos secundarios.



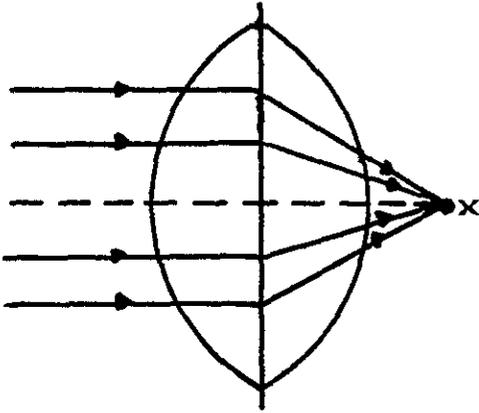
Los haces de luz inclinados respecto al eje principal divergen formando focos secundarios.

En fotografía, normalmente nos encontramos con términos como plano focal y distancia focal que les son eminentemente propios a las lentes*13.



El conjunto de focos secundarios situados de un mismo lado del lente constituye un plano focal, perpendicular al eje del foco principal.

AB = Plano focal



La distancia focal, elemento característico de todo lente, constituye la distancia que hay entre un punto de foco y el objetivo. A menor distancia focal, mayor es el poder de desviación del objetivo.

$F =$ Distancia focal

Hasta aquí sólo he mencionado las características de los lentes y su funcionamiento; sin embargo, cuando los rayos luminosos salidos de un mismo punto pasan a través de un lente en donde se produce refracción, éstos llegan a otro punto convirtiéndose en una imagen o reproducción del primero.

Esta reproducción es más exacta cuando los rayos usados forman un haz más cerrado y su dirección media se encuentra más próxima de la normal, lo cual se verá claramente en fotografía. Un lente es más convergente o divergente mientras más pequeña es su distancia focal.

El objetivo fotográfico es un sistema óptico convergente. Está compuesto por una apertura (diafragma) que indica el diámetro del círculo que permite la entrada de luz que constituye la imagen; se expresa en fracción de la distancia focal f/n .

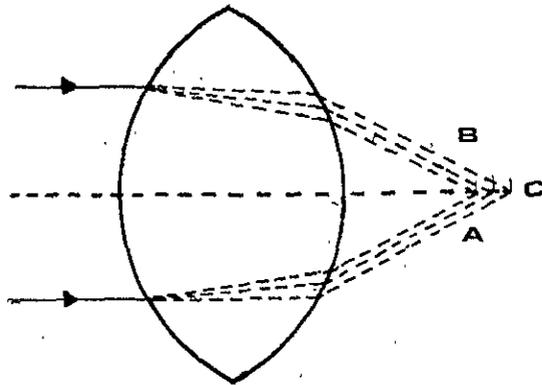
Aunque pareciera que a partir de todos los elementos mencionados se pudieran obtener imágenes sin mayores problemas, hay que decir que generalmente las lentes presentan defectos (aberraciones) que en la mayoría de los casos deben ser corregidos.

Normalmente se distinguen siete tipos de aberraciones: la cromática, la esférica, el astigmatismo, el velo óptico, la curvatura de campo, la distorsión y el coma.

1. Aberración cromática. Se presenta debido a que ciertos objetivos sencillos actúan como un prisma desviando la luz azul más que la roja, dando como resultado que la luz azul se enfoca más próxima al objetivo que la luz roja, es decir, es la incapacidad de algunos objetivos para enfocar en el mismo punto todas las longitudes de onda de la luz blanca.

Esta aberración a veces no es perceptible por el ojo humano debido a que éste tiene su máxima sensibilidad para la luz hacia el centro del espectro visible, pero existen algunas emulsiones fotográficas que son más sensibles al extremo azul. Por eso, en algunas ocasiones el problema se presenta en el negativo que aparece desenfocado y sin nitidez.

Para la corrección es necesario utilizar dos lentes en forma de meniscos, uno cóncavo y otro convexo, ambos de distintos tipos de vidrio óptico. Las imágenes coloreadas en un mismo punto se ponen en coincidencia y de esta manera se elimina en cierto grado esta aberración. No obstante, los vidrios ópticos existentes no realizan la corrección completa para todos los colores, agregando a esto que la compensación de otras aberraciones, especialmente la esférica, varía con el color de la luz.

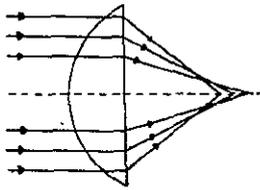


Los rayos azules (A) se refractan más fuertes que los verdes (B) y los rojos (C). Los rojos forman un foco más lejano al lente presentando, la imagen, un cerco de color azul-rojizo

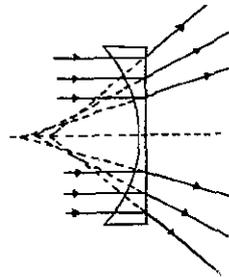
Aberración cromática

2. **Aberración esférica.** Cuando los rayos son paralelos al eje principal, luego de la refracción, convergen o divergen formando el foco. Los rayos procedentes de un objeto que atraviesan la lente cerca de los bordes deberían formar el foco en el mismo punto de los que la atraviesan más próximamente al eje principal; sin embargo, esto no sucede así, debido a que la periferia de una lente es más convergente o divergente que su parte central. Esta aberración se debe a que el objetivo no es capaz de enfocar en el mismo punto los rayos axiales y los bordes, teniendo como resultado que la imagen no llegue a ser nítida.

Los rayos más alejados del eje convergen más fuertemente formando el foco más cerca del lente



Aberración esférica en lente convergente



Los rayos más alejados parecen provenir de puntos más cercanos al lente

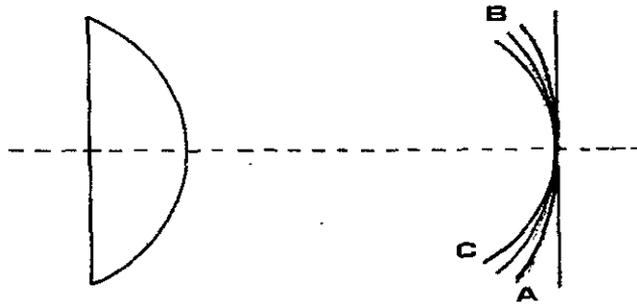
Aberración esférica en lente divergente

La corrección de este defecto se puede realizar en lentes más complejas haciendo atravesar los rayos por una zona anular seleccionada de la lente y dejando que los rayos que la atraviesan por otras zonas crucen el eje en posiciones ligeramente diferentes de aquella en que los rayos corregidos y el haz central estrecho de rayos forman el foco.

En los objetivos fotográficos se corrige este defecto mediante la asociación de lentes convergentes y divergentes de índice diferente y de espesor, curvatura y posición relativa apropiadas. También con el diafragma se pueden hacer ligeras correcciones ya que la aberración esférica aumenta mientras más se abre el diafragma y disminuye mientras más se cierra.

3. *Astigmatismo*. Este se da en algunas lentes que no permiten la obtención simultánea del ajuste por las líneas verticales y horizontales, dejando de haber refracción simétrica. Esta aberración normalmente no se presenta en objetivos complejos que poseen un sistema que los hace objetivos anastigmáticos, es decir, que eliminan este defecto.

Si el astigmatismo es la única aberración en la imagen, adoptará la forma de dos líneas rectas cortas que ocupan diferentes posiciones en el espacio, una más próxima a la lente que la otra. Una de estas líneas será radial con respecto al eje de la lente y la otra formará un ángulo recto con ella. La distancia entre ambas es una medida del astigmatismo presente en aquel punto de campo y el mejor enfoque está a mitad de camino entre ambas.

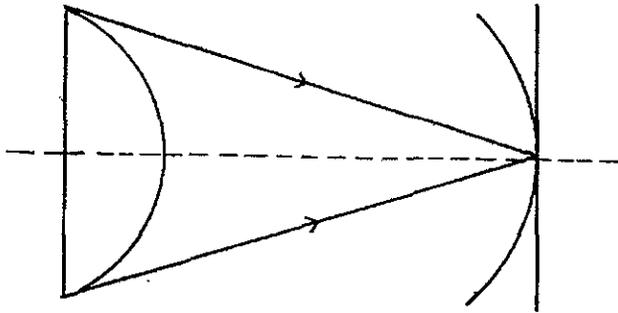


Astigmatismo

En un sistema de lentes corregido, el astigmatismo puede eliminarse en puntos de la imagen que corresponden a un campo semiangular quedando algunas zonas con el defecto llamadas astigmatismo zonal. También es importante utilizar las lentes con el campo para el cual han sido diseñadas.

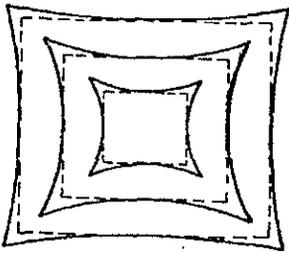
4. *Curvatura de campo*. Este defecto se presenta cuando en lugar de formarse una imagen nítida sobre un plano, ésta se presenta sobre una superficie curva. La curvatura de campo aumenta con la distancia al eje del objetivo y no puede reducirse utilizando una abertura menor. El efecto que produce una lente con curvatura de campo es una imagen nítida ya sea en el centro o en los bordes, pero nunca en ambos sitios.

L o s
astigmatismos y la
curvatura de campo
están íntimamente
relacionados; de
hecho, los objetivos
anastigmáticos
prácticamente los
eliminan a ambos.

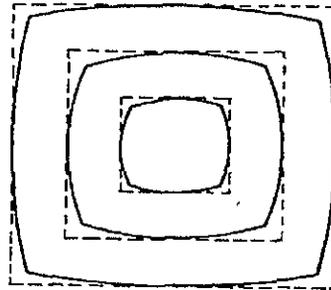


Curvatura de campo

5. *Distorsión.* La distorsión es un defecto que altera las formas en la imagen, más no la nitidez. Se produce porque la parte de la imagen fuera del eje no se reproduce en la misma escala que la porción sobre éste.



Distorsión en acerico

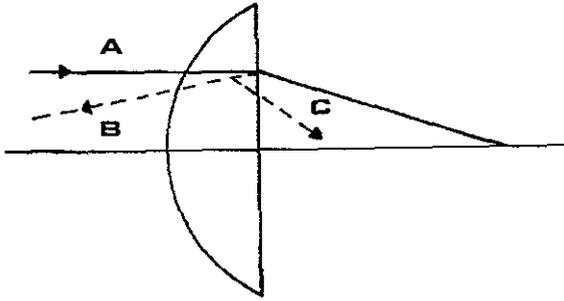


Distorsión en acerico, media
luna, almohadón

Si se realiza una toma de líneas rectas, éstas pueden distorsionarse en los bordes ya sea hacia afuera o hacia adentro. Hacia adentro se conocen como "distorsiones en barrilete" y hacia afuera como "distorsiones en acerico", "media luna" o "almohadón".

La distorsión no se afecta alterando la abertura de la lente.

6. *Velo óptico*. Este se produce en las lentes por los diferentes reflejos de luz en las superficies de los elementos ópticos que componen un objetivo.

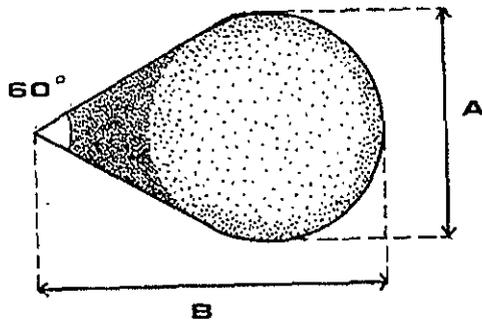


Velo óptico

Es normal que parte de la luz que llega a una superficie cristal/aire tenga un reflejo, que es aproximadamente del 5%, mientras que el restante 95% debe ser transmitido. Sin embargo, a veces se presentan reflejos sucesivos que pueden dirigir luz dispersa a la película, formando manchas luminosas en la imagen.

Cuando se trata de objetivos revestidos, es muy difícil que se presente un velo óptico.

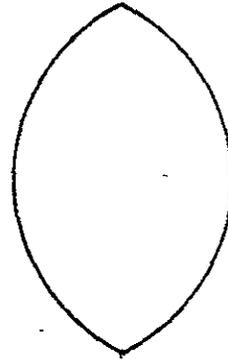
7. *Coma*. Esta aberración se presenta en las imágenes que están en los puntos fuera del eje. Se produce por la falta total de corrección cromática y se manifiesta en la imagen en forma de manchas luminosas asimétricas. Debido a que la lente no tiene simetría respecto a una línea que pase por su centro y un punto de la imagen fuera del eje, los efectos de esta aberración se vuelven complejos. El coma es difícil de eliminar en objetivos con un campo angular amplio con grandes aberturas relativas.



Coma

2.4.1 Tipos de lentes

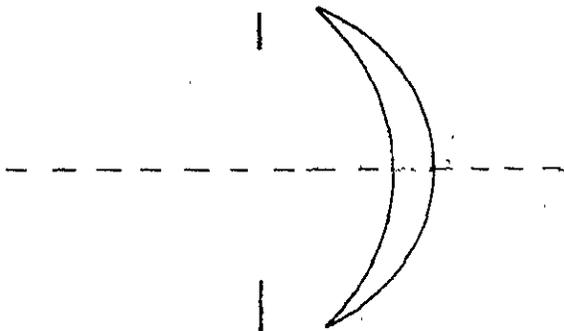
El tipo más sencillo de lente es la lupa de aumento, que no es sino un pedazo de vidrio pulido por ambas caras en superficies esféricas convexas. Este fue utilizado a principios de la fotografía y actualmente su uso es considerado del tipo más rudimentario, ya que sufre de todas las aberraciones, especialmente de la esférica y de la cromática.



Lente tipo lupa

Esta lente puede ser usada como objetivo, en una forma primitiva de cámara (con las deficiencias que ya se mencionaron), utilizado con un diafragma $f/16$, en donde no sea necesaria una total definición y no se busque un enfoque visual.

Aunque se han encontrado referencias a la utilización de una lupa o vidrio de aumento en escritos del siglo XI, no fue hasta 1812 cuando el físico inglés Wollaston comprendió que existían aberraciones que podían ser controladas con una colocación adecuada de un diafragma con respecto al objetivo.



Lente Wollaston

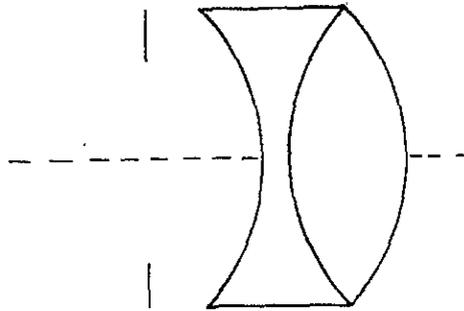
Wollaston elaboró un tipo de lente simple de vidrio de menisco con la abertura delante o detrás del objetivo, que daba una definición más o menos aceptable con un diafragma de $f/16$ sobre un campo no mayor de 50° , tal y como se puede ver en el diagrama.

Esta clase de lentes se han utilizado en cámaras de cajón sumamente sencillas con el foco fijo. En ellas, cuando la abertura está a una distancia apropiada de la lente, el astigmatismo y el coma se corrigen aceptablemente. Las aberraciones esférica, cromática, distorsión y curvatura de campo permanecen sin corregirse y la lente sólo se puede usar en aberturas pequeñas.

El uso de lentes compuestas, aunque se trate del tipo más sencillo, corrige en mayor medida algunas aberraciones, pero no las elimina por completo.

Quien introdujo las primeras lentes de menisco acromáticas fue el óptico francés Charles Louis Chevalier en 1829, cuando aplicó el principio de combinar una lente positiva de vidrio crown con un elemento negativo más débil de vidrio flint a los vidrios para telescopio.

“El objetivo, tenía forma de menisco cuya superficie cóncava estaba hacia el sujeto y el diafragma en la parte frontal, de modo que reunía las condiciones precisas para aplanar el campo visual”¹⁴.

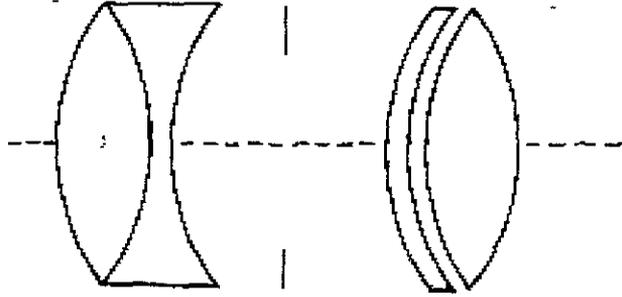


Lente Chevalier

Posterior a las lentes de Chevalier, fue creado el objetivo Petzval, en 1840, por el óptico y matemático húngaro Joseph Petzval, quien originalmente lo diseñó como objetivo de retrato y para los proyectores cinematográficos, con una gran abertura (para lo que en ese momento se conocía) de hasta $f/3$, que era excelente para exposiciones más cortas con las placas de los daguerrotipos que eran demasiado lentas

Consiste en dos juegos de lentes positivas cada uno acromatizado separadamente y con una amplia separación de ambos. A veces poseen una abertura entre ambos juegos de lentes pero en la mayoría de los casos ésta no se usa.¹⁵ Este

objetivo presentaba astigmatismo y curvatura de campo, cuya corrección sólo se podía realizar con otro tipo de cristales que no existían en la época.

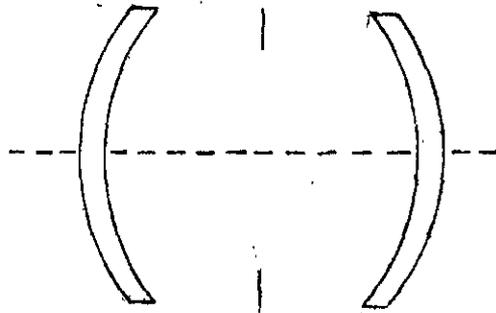


Objetivo Petzval

Posteriormente, Petzval también diseñó el objetivo ortoscópico, es decir, sin distorsión, para fotografías de paisajes y reproducciones.¹⁶

En un tiempo se usaron variantes de esta construcción como objetivos para retrato, teniendo como característica una muy buena definición y nitidez en el centro del campo y degradándose ésta hacia los extremos de la imagen.

El siguiente avance en la elaboración de objetivos fue la introducción de lentes simétricas para provocar una disminución de la distorsión y del coma. Se trata de los objetivos Goertz Hypergon que estaban constituidos por dos meniscos de igual potencia colocados simétricamente a cada lado de un diafragma. Aunque los dos elementos poseían el mismo coma,



Objetivo Goertz Hypergon

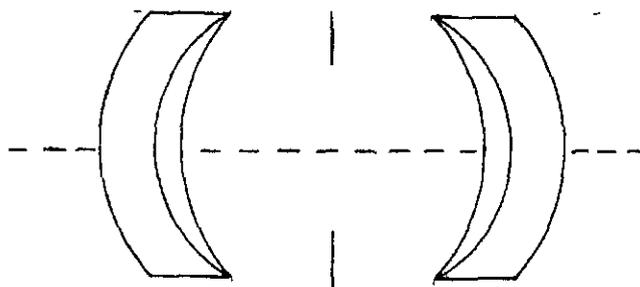
éste era de signo contrario (lo que provocaba su reducción) y, por su parte, la distorsión era pequeña mientras se le utilizaba a pequeñas aberturas. La aberración esférica continuaba de manera considerable, lo mismo que la cromática y la curvatura de campo. Podía utilizarse en un diafragma $f/30$ con un campo de 135° . Este fue de hecho el primer objetivo gran angular.

Es de destacar la forma de objetivo llamada R-R o Rapid-Rectilinear, inventado por Dallmeyer y Steinheil en Inglaterra y Alemania simultáneamente, hacia 1866.

Este objetivo consistía en dos dobletes idénticos con separación entre ellos. Con este objetivo, el coma, distorsión y aberración cromática se corrigen en muy alto grado y con una selección adecuada de vidrios el astigmatismo se reduce. Lo que faltaría por corregir en ellos es la aberración esférica y la curvatura de campo.¹⁷

El Rapid-Rectilinear tenía una apertura máxima de $f/8$ lo que permitía hacer una corrección de la aberración esférica, y su campo estaba limitado a 40° o 50° . Respecto

a la curvatura de campo, ésta podía eliminarse introduciendo astigmatismo en mayor medida de lo que sería lo normal. Posteriormente se les introdujo una modificación para cubrir un campo de 100° a $f/15$.

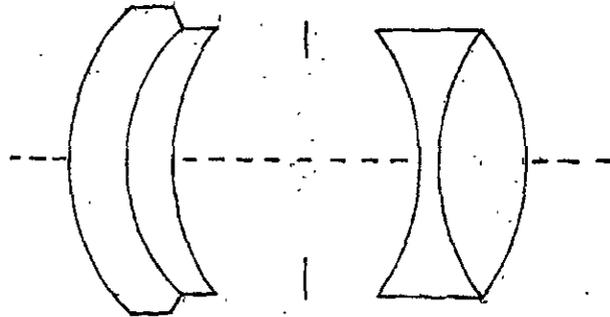


Objetivo Rapid-Rectilinear

Estos objetivos junto a los Petzval desempeñaron un papel fundamental en los inicios de la fotografía. Actualmente no se manejan.

La mayor parte de objetivos sencillos han sido sustituidos por objetivos simétricos y tripletes, los que cubren un campo de visión más amplio y con una definición más uniforme por toda la imagen, evitándose la falta de nitidez en los extremos de la imagen.

Sin embargo, las limitaciones de los objetivos de esa época trajeron consigo la necesidad de mejorar la calidad de los vidrios ópticos. Aunque se hicieron varios intentos con diferentes combinaciones de vidrios ópticos, se puede decir que el primer objetivo de tres elementos con corrección de astigmatismo fue el Zeiss Protar, creado por el matemático y óptico alemán Paul Rudolph en 1890. Este objetivo fue realizado combinando un viejo acromático a un lado del diafragma para corregir la aberración esférica con un nuevo acromático al otro lado para corregir el astigmatismo; éste trabajaba con un diafragma $f7.5$.



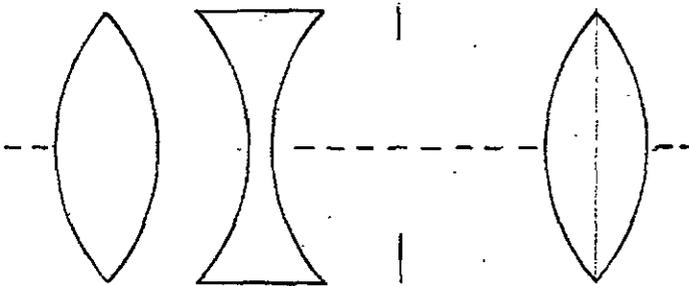
Objetivo Zeiss Protar

Posteriormente "Rudolph intentó fabricar un objetivo anastigmático rápido, llamado Planar (que no debe confundirse con el moderno Zeiss Planar, de construcción diferente) pero no tuvo demasiado éxito y construyó el Tessar, mucho más perfecto y que, con algunas variaciones, ha constituido la base de muchos objetivos modernos".¹⁸

Cabe decir que posiblemente el avance más importante en la elaboración de objetivos fotográficos fue la creación del triplete Cooke, inventado en 1893 por H. D. Taylor. Dado que la curvatura de campo depende de la suma resultante de potencias (respetando el signo) de las superficies separadas de un sistema de lentes, Taylor tomó primeramente una lente positiva y otra negativa de igual potencia aproximada de manera

que la curvatura de campo era pequeña y las separó lo suficiente para dar una lente positiva como resultado. La distorsión fue corregida dividiendo el elemento positivo en dos y colocando una parte a cada lado del miembro negativo. Además, logró acromatizar todo el conjunto de lentes y las aberraciones esférica y coma se corrigieron mediante la elección adecuada de curvas; para corregir el astigmatismo colocó el diafragma cerca del componente negativo. El objetivo original abarcaba 40° con una apertura grande, $f/3$,

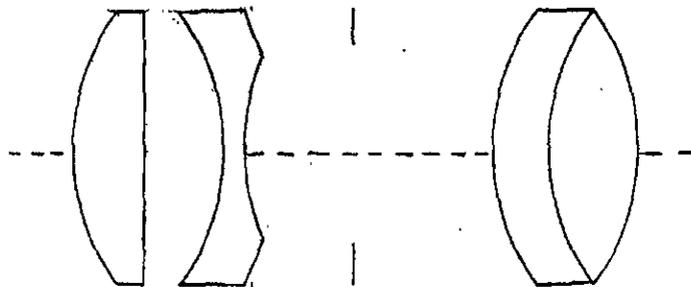
siendo un objetivo rápido. Posteriormente se amplió el campo a 55° con una apertura menor, $f/4.5$. Es el tipo de objetivos anastigmáticos.



Tripelete Cooke

Actualmente, todavía es común el utilizar este tipo de objetivos en cámaras sencillas, ya que su costo de fabricación es relativamente bajo y las imágenes que producen están bien corregidas de aberraciones.

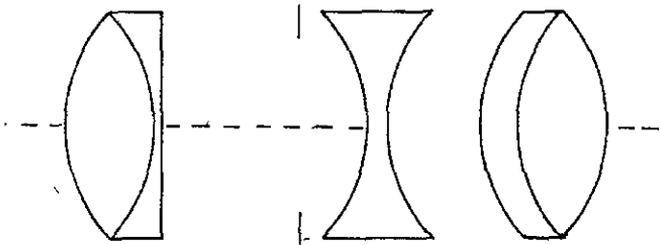
Hacia 1902 apareció el objetivo Tessar, fabricado por el matemático Paul Rudolph y patentado por la marca Zeiss, como un derivado del Cooke. En él, fue dividido el elemento posterior convergente en dos unidos.



Objetivo Tessar

Inicialmente poseía una apertura $f4.5$ con un campo de 50° y actualmente ésta ha aumentado hasta $f2.5$. El Tessar es el objetivo de luminosidad media más popular de este siglo, las correcciones a aberraciones resultan mejores que en el triplete Cooke y el detalle fino se reproduce con buen contraste. A esto hay que agregar que gracias al uso de vidrios ópticos de tierras raras con alto índice de refracción, en los últimos años estos objetivos han mejorado de calidad.

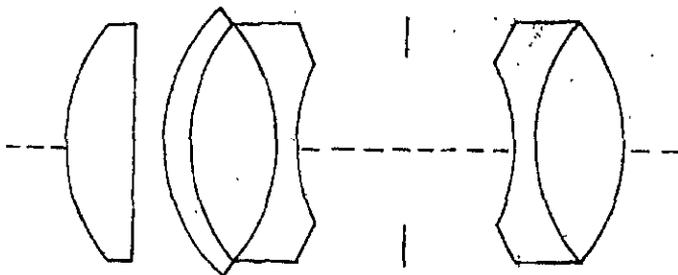
Posteriormente surgieron los objetivos Voigtländer Heliar y Dallmeyer Pentac, construidos en 1907. La innovación en ellos consistió en que se dividió el elemento frontal en un doblete, es decir, tanto los componentes frontales como los posteriores son dobletes; éstos tenían una apertura relativa de $f2.9$. Este mismo sistema fue el seguido por la cámara Kodak Medalist con un $f3$ aparecida tiempo después. Estos objetivos cuentan con mayor corrección a aberraciones que los de tipo Tessar.



Objetivos Voigtländer Heliar y Dallmeyer Pentac

Poco tiempo después aparecieron los objetivos Zeiss Sonnar $f2$, los que se enmarcan culminando esta línea de desarrollo de tripletes: En ellos, el elemento negativo fue dividido en tres, además de contar con una lente frontal y otra posterior convergente

de dos elementos. Al transformar esta última lente, es decir, la posterior en una de tres elementos, Zeiss consiguió un objetivo con un campo normal a grandes aperturas, de hasta $f1.5$, cubriendo un ángulo de 48° . "En



Objetivos Zeiss Sonnar

general, el objetivo es ajustado a la cámara de manera que la separación que produce mejor definición da el enfoque de un objeto situado a una distancia media"¹.

La continuidad en la elaboración de objetivos permitió que se desarrollaran sistemas cada vez más adecuados para el tipo de necesidades a cubrir. Fue así como siguiendo el principio de los objetivos Cooke, en los que habían sido divididas las lentes positivas, se crearon los tipos de objetivos simétricos, más adecuados para campos angulares mayores, en los que también las lentes negativas eran divididas en dos partes, colocándose una a cada lado del diafragma. Estos son el tipo de objetivos de cuatro elementos o cuadrupletes.

No obstante, habría que decir que entre las ventajas de los tripletes está el que básicamente no tienen más que seis superficies aire-cristal, por lo que el nivel de velo óptico es menor al de los objetivos simétricos que poseen ocho superficies aire-cristal.

También es importante mencionar que los objetivos sencillos padecen de la mayoría de las aberraciones, mientras que los objetivos más complejos han eliminado la gran mayoría de éstas. También es común que los objetivos de foco variable (zoom) tengan mayores aberraciones que los objetivos de distancia focal fija, debido justamente a la cantidad de superficies aire-cristal que tienen.

El contraste es otra característica importante de los lentes ya que mientras mayor es la longitud focal del objetivo, existe menor contraste y, consecuentemente, menor sensación de perspectiva, debido esto a la gran distancia que existe entre el objetivo y el objeto a fotografiar. Por otro lado, cuando el diámetro del lente es mayor, el contraste y la nitidez de la imagen aumentan.

Por último, en cuanto a la elaboración del vidrio óptico, éste debe ser de alta calidad y uniforme en toda su estructura. Ésta debe ser "tanto química (mezclando y agitando cuidadosamente el material fundido), como física (controlada por medio de un templado que evite que se produzcan presiones cuando se enfríe el vidrio luego de fundido). Con esto se logra que el índice de refracción sea constante en todo el lente... el índice refractivo debe ser exacto y reproducible de una hornada a otra"²⁰.

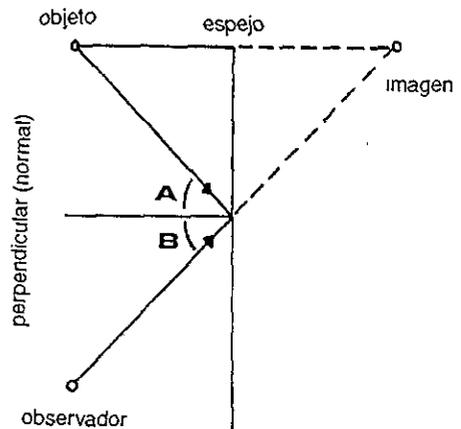
Hay que decir que, mientras el lente sea de mayor calidad en su estructura y material de fabricación, mayor será el índice de refracción que posea; éste, aumentará sus propiedades de dispersión y transmisión (reduciendo el alto grado de absorción que todo vidrio tiene), eliminando o ayudando a controlar en mayor medida las aberraciones de las que he hablado anteriormente y logrando que la transmisión de luz sea uniforme para todo el espectro.

Finalmente, el vidrio óptico debe ser altamente resistente al medio ambiente, es decir, debe contar con protección ante la posibilidad de ser atacado por vapores de agua, humos, etc.

2.4.2 Espejos.

En fotografía también se utilizan espejos de metal o de vidrio, ya sean planos o curvos. El espejo plano es un sistema óptico simple. En teoría no presenta las aberraciones que normalmente afectan a otros sistemas ópticos, tales como los objetivos, los prismas o los espejos curvos.

En un espejo plano, la luz que proviene del objeto es reflejada por la superficie del espejo hacia el ojo del observador. El ángulo de incidencia A es igual al ángulo de reflexión B; los ángulos se miden con respecto a la perpendicular de la superficie del espejo. De esta manera se aplican exactamente las leyes de la reflexión. Así, el espectador ve la imagen reflejada como si ésta se encontrara detrás del espejo y a la misma distancia de éste que la existente entre el objeto y la parte frontal del espejo; además, con el mismo tamaño que tendría el objeto a igual distancia porque un espejo plano no aumenta la imagen.



Funcionamiento del sistema de espejo

Los espejos de vidrio constan de una lámina de vidrio recubierta de plata por un lado. El lado en el que está el vidrio es empleado como superficie reflectora. Estos espejos mantienen su brillo permanentemente pero la desventaja es que la misma superficie de vidrio actúa como espejo y provoca una débil imagen secundaria reflejada. Es por ello que no se pueden usar en instrumentos ópticos y fotográficos.

Debido a esto, a los espejos normalmente se les aplica un revestimiento; además, por lo general una superficie de cristal lisa refleja únicamente un 4% de la luz que recibe. Para aumentar el poder de reflexión se pone una capa delgada de metal sobre la superficie pulimentada de cristal.

Durante muchos años el único metal utilizado para revestir el cristal fue la plata. Hoy en día, y debido a que la plata oxida en un tiempo relativamente corto generando manchas, ha sido remplazada por otros metales y aleaciones, como el aluminio que es depositado sobre la cara reflectante por evaporación al vacío. El aluminio es más estable que la plata, por lo que mantiene su poder de reflexión por más tiempo. Si esta capa se aplica con un grosor igual al de media longitud de onda de la luz, incrementa el poder de reflexión de la superficie aluminizada.

Estos espejos de alta calidad, con capa reflectora frontal, tienen su principal empleo en fotografía en las cámaras réflex de uno o dos objetivos, en los telémetros de los visores y como formadores de imagen en los objetivos de telefotografía.

Los espejos curvos se emplean con la misma finalidad que una lente en muchos aparatos ópticos. Un espejo curvo tiene un comportamiento similar al de una lente con la ventaja de que no presenta aberración cromática.

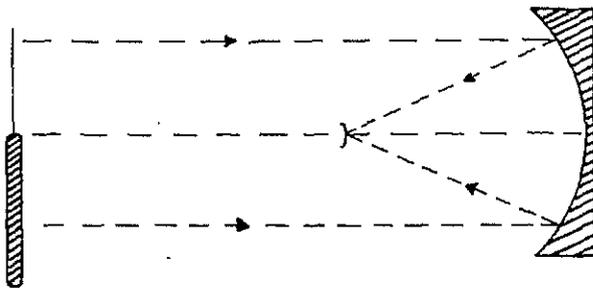
Los espejos actúan de manera inversa a las lentes, esto es, que un espejo cóncavo funciona igual que una lente convexa, haciendo que los rayos de luz paralelos que llegan a él coincidan en un foco real (pero en el mismo lado de la fuente luminosa) y, al contrario, un espejo convexo actúa igual que una lente cóncava, es decir, hace que los rayos de luz paralelos que llegan a él converjan en un foco virtual (detrás del espejo).

Los espejos se utilizan principalmente para formar una imagen que

suele ser de forma esférica, es decir, la superficie es parte de la superficie de una esfera. La forma parabólica se usa en espejos cuya función es reflejar una haz paralelo de luz, como es el caso de las ampliadoras. Cuando la fuente luminosa está situada en el centro de la parábola, el rayo resultante reflejado es paralelo y del mismo diámetro que la abertura. Los espejos parabólicos tienen la ventaja de que pueden extenderse para reflejar la mayoría de los rayos de la fuente luminosa.

La utilización de espejos esféricos se hizo por primera vez en lugar de las lentes en microscopios, por Robert Barker, en 1736. A pesar de que estos fueron reemplazados rápidamente por los objetivos acromáticos, en los últimos años se han construido microscopios reflectores.

En 1931 Bernhard Schmidt construyó un objetivo en el que se emplea un espejo esférico para formar una imagen sobre la película fotográfica. La cámara Schmidt poseía el primer objetivo fotográfico de este tipo que logró tener éxito. Las aberraciones del espejo (coma y astigmatismo) se compensan mediante una placa de vidrio con una superficie esférica montada en el centro de la curvatura del espejo. La curvatura de campo es muy grande y se compensa empleando una placa fotográfica especialmente curvada, de manera que se elimina la aberración esférica. Con esto es posible cubrir un campo de 34° y trabajar satisfactoriamente con una abertura $f1.0$ que es bastante grande para un sistema óptico tan sencillo. Este sistema es absolutamente catadióptrico, esto es,

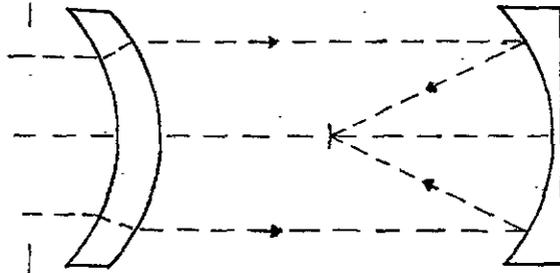


completamente reflector. No obstante, el principal defecto del sistema de espejos de Schmidt, es su campo curvado, ya que la película debe colocarse de forma arqueada.²¹

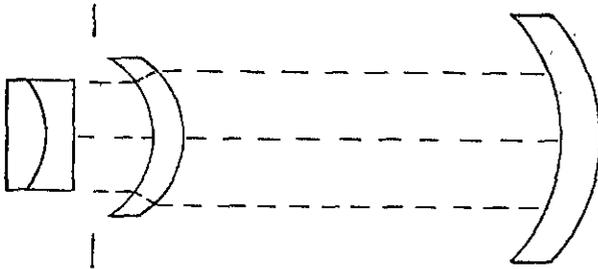
Objetivo de espejo de Bernhard Schmidt

Como mencioné, el objetivo de espejo de Bernhard Schmidt es un sistema catadióptrico. Los de este tipo, "son sistemas ópticos para formación de imágenes a base de elementos reflectantes y elementos refractantes (espejo y lente)"²², de manera que permiten una reflexión total y, por otro lado, suelen tener un costo elevado.

Gabor reemplazó la placa correctora esférica por una lente de menisco, la que a su vez Bouwers y Maksutov reemplazaron por un menisco concéntrico o casi concéntrico, de mayor grosor.



Objetivo de espejo de Bouwers y Maksutov



Objetivo de espejo Linfoot

Por su parte, Linfoot colocó un corrector acromatizado, consistente en una placa de menisco y una placa esférica de doblete para obtener una gran definición.

Estos objetivos han sido perfeccionados empleando superficies esféricas y planas, y es posible en la actualidad producir un sistema de lentes-espejo con un campo plano a $f1.0$.

Notas:

- ¹ Küppers, Harald , *Fundamentos de la teoría de los colores*, p. 15.
- ² Da Vinci, Leonardo, *op cit*, p. 109
- ³*ibid*, p. 116.
- ⁴ Solís, Miguel (trad.), *Enciclopedia Focal de Fotografía*, p. 1373.
- ⁵ Efron, Alexander, *Light*, p. 16
- ⁶ *ibid*, p. 18
- ⁷*ibidem*
- ⁸*Ibidem*,
- ⁹*Ibidem*,
- ¹⁰Rat y Roger, *op cit*, p. 18
- ¹¹ Solís, Miguel (trad.), *op cit*, p. 1372
- ¹²Rat y Roger, *op cit*, p. 25 e información obtenida en el Museo de la Luz
- ¹³En fotografía se habla de las lentes y en óptica física de los lentes.
- ¹⁴ Salvat, Juan (dir.), *Enciclopedia práctica de fotografía*, tomo 2, p. 419.
- ¹⁵ Cox, Arthur, *Óptica fotográfica*, p. 220
- ¹⁶ Salvat, Juan (dir.), *op cit* , tomo 8, p. 2122.
- ¹⁷ Cox, Arthur, *op cit.*, p. 218
- ¹⁸ Salvat, Juan, (dir.), *op cit.*, tomo 9, p. 260
- ¹⁹ Cox, Arthur, *op cit.*, p. 238.
- ²⁰ Langford, Michael, *Tratado de fotografía*, p. 485
- ²¹ Cox, Arthur, *op cit.*, p. 282.
- ²² Spencer, D.A ,*Diccionario focal de terminología fotográfica*, p. 734.



3. Historia del color

3.1 Antecedentes

Sin lugar a dudas, a través de los siglos y de hecho, en todos los tiempos, la presencia física y material del color ha sido uno de los grandes dilemas que el hombre ha tratado de desentrañar por muy diversos medios.

Es por ello que en el plano de las interpretaciones se han desarrollado una gran cantidad de teorías del color, cada una de ellas, desde luego, determinada por los distintos contextos históricos, ya fuesen sociales, religiosos e incluso económicos, como se verá más adelante.

Los primeros antecedentes de Occidente en cuanto a teorías ya bien estructuradas se pueden encontrar en la antigüedad griega. Quizás el elemento más destacable de ellas es que casi todas se encontraban basadas en la antítesis entre blanco y negro o entre luz (claridad) y oscuridad.

De esta manera, por ejemplo, hacia el s. V a.C. Empédocles relacionaba la armonía de los cuatro elementos (agua, aire, fuego y tierra) en base al blanco y al negro, añadiendo el rojo y el ôchron que era una serie de tonalidades que iban desde el rojo al verde pasando por el amarillo.

Por su parte, Demócrito pensaba en los colores como relaciones directas con las sensaciones. Para él existían cuatro colores simples: el blanco, relacionado con la suavidad; el negro, con lo áspero; el rojo, con el calor y el chton que se componía de lo sólido y lo vacío. A partir de estos cuatro colores se podían obtener todos los demás mediante mezclas.

Es importante hacer notar que estas dos teorías fueron desarrolladas un siglo después por Platón y Aristóteles y, que a través de ellos, se convirtieron en la base de todos los sistemas cromáticos hasta Newton, esto es, hasta el siglo XVII.¹

Debido a que Platón defendía la idea de que la visión sólo era posible gracias a

una interacción entre los "simulacros" de luz emitidos por los objetos y los rayos procedentes del ojo, éste pensaba que el blanco era el resultado de la dilatación de un rayo que el ojo envía en el momento de llevarse a cabo la visión, mientras el negro era el resultado de la contracción de dicho rayo. Una dilatación similar aunque más intensa produciría un fuego intermedio con su respectivo color rojo. Los demás colores serían obtenidos básicamente mediante mezclas. Al respecto, Platón decía:

"... nosotros no vemos ninguno de los colores en su verdadera pureza, sino que todos están mezclados; si no están mezclados con otro color, están mezclados con rayos de luz o con sombras... Por tanto, las cosas tienen un aspecto distinto según se vean a la sombra o a la luz del sol, con una iluminación intensa o suave... así, cuando la luz cae sobre otro color, al mezclarse con él proyecta a su vez una mezcla distinta de color."²

Por su parte, Aristóteles hablaba de cinco colores intermedios que eran producto de la combinación de lo claro y lo oscuro. Estos eran el carmesí, violeta, verde claro, azul oscuro o alguna variedad de negro (gris) y el amarillo. Con ellos se formaba una escala de siete colores que iba del blanco al negro.

Como se ve, tanto como para Aristóteles como para Platón los colores siempre se encontraban mezclados ya sea con otros colores o con las luces y las sombras. También es importante hacer notar que ambos percibieron que el color varía según la iluminación.

No obstante tales interpretaciones, las confusiones en torno al color provocaron que a partir del s. 1 d.C. apareciera una corriente de pensamiento escéptico. Así, por ejemplo, en el arte helenístico existe un predominio de la línea sobre el color. En el romano el predominio es por las tonalidades más que por el valor cromático.

Aún esto, en todas las culturas y más marcadamente en las de la antigüedad, ha existido la tendencia al uso de algún color determinado. En la Roma antigua, el púrpura era el color más importante debido al brillo que producía a la luz del sol y también a su alto costo de producción; era, de este modo, un color que simbolizaba nobleza. Además, se le relacionaba con el rojo, considerado la representación del fuego y de la

luz. Por otro lado, en muchas culturas, el rojo es un color asociado con la divinidad.

Plotino es considerado como el pensador más importante de la luz y el color de la antigüedad tardía. Ubicaba a los colores como modalidades de luz, que eran en sí mismas producto de la incidencia de la luz en la materia. Sin embargo, en los siglos siguientes sus ideas fueron poco tomadas en cuenta.

Mientras tanto, en Oriente, la arquitectura bizantina era concebida más como generador de la luz que como receptor de ella. Como se sabe, en la decoración bizantina el trabajo con mosaicos fue sumamente desarrollado. En ellos se utilizaban colores brillantes (a manera de luz) como el dorado. En el arte bizantino es notable el uso de procedimientos ópticos para lograr una serie de efectos como reflejos, destellos, etc.

Durante el medioevo el uso del color se presentó de una manera eminentemente simbólica. La elaboración de vitrales durante el gótico, demuestra el gran interés por la luz considerándose incluso que ésta era la primera fuerza creadora aún por encima de lo divino, pero su uso también venía a ser consecuente con los nuevos descubrimientos científicos en materia de óptica.

Dada la gran importancia de la luz, el color era entendido en ese entonces como un simple accidente de ella, manteniéndose así la misma escala cromática en donde el rojo era considerado como el color de la luz y el azul como el color más cercano a la oscuridad.

Ya para el Renacimiento, la luz se convertiría en una propiedad tanto óptica como psicológica. A partir del Quattrocento (s. XV), el color comienza a ser interpretado como un fenómeno que va de la mano de la luz en el proceso perceptivo, aunque no despojado aún de ciertos elementos simbólicos de la Edad Media.

No obstante, desde los inicios del Renacimiento la utilización del color estuvo en un alto grado subordinada a una tendencia más "laica" y humanista, en la cual "el simbolismo del color experimentó, incluso en el medio religioso, una considerable inflexión materialista"³. También es importante considerar que las pinturas se hacían frecuentemente mediante contratos que incluían cláusulas muy específicas, a las que el

artista se debía subordinar y acatar. Estas, podían especificar desde el tema mismo de la obra hasta qué clase de materiales usar, existiendo una tendencia general al uso de materiales de alto costo, toda vez que el encargo fuera de alguien de clase social elevada.

Por principio y como un criterio bastante común entre los pintores quattrocentistas, se buscaba una unidad tonal en donde “la monocromía y atenuación de las características propias de las tonalidades cromáticas llegaron a ser una cuestión central en la experiencia visual del Occidente Europeo hacia el año 1550”.⁴ El mayor exponente de esta visión fue Leonardo da Vinci.

Para Leonardo la luz es el elemento principal y la sustancia misma del color. En su interpretación, los colores se difunden por el aire y son dependientes de la forma, ubicación y condición luminosa del objeto, comprendiendo de esta manera cómo se llevan a cabo los reflejos.⁵ En su pintura, sin embargo, se puede apreciar que probablemente su mayor aporte cromático fue el haber revalorado la oscuridad mediante la utilización de una gama infinita de sombras. Este manejo de tonos se convirtió en un nuevo recurso técnico llamado *sfumato*. Leonardo, de esta manera, establece un modelo de pintura basado en la escala de valores cromáticos.

Otro cambio importante en el manejo del color lo dio indudablemente Tiziano, ya que fue el primer pintor en utilizar el color de manera directa, sin mezclas, aplicado únicamente mediante transiciones desde los tonos sombríos hasta los claros. Con ello logró dar a sus cuadros gran colorido y brillantez. Pero en general, el manierismo italiano impuso un modo de utilizar el color en donde su capacidad dependía de la entonación que se lograba en la mezcla.

Para el siglo XVII, ocurrieron los cambios más radicales en la concepción del color como un fenómeno físico. Hasta ese entonces todavía eran vigentes los conceptos aristotélicos y medievales en cuanto a una clasificación del color en donde los más “nobles” eran el amarillo, rojo, púrpura, verde, azul y negro, y los que se consideraban colores simples eran el blanco y el negro.

Sin embargo, y durante todo ese siglo, gran número de científicos se dieron a la tarea de investigar el origen de la luz y los colores. Kepler, por ejemplo, afirmaba que

no existía diferencia entre los colores y, que todos, excepto el negro y el blanco, eran transparentes. Descartes, por su parte, también había desechado ya la antigua distinción entre colores aparentes y reales y entre lux y lumen.

Simultáneamente a los estudios de Newton y a la realización de su libro *Optica* a finales del siglo XVII y principios del XVIII, el físico danés Bartholin afirmó que el blanco y el negro no eran colores (físicamente) puesto que no resultaban de la refracción de la luz, siendo esta una condición básica en la formación de un color. Igualmente, nombró colores primarios al azul, rojo y amarillo.

En ese momento ya había sido difundida la idea de que los colores no dependían de una determinada mezcla del negro y el blanco como oscuridad y claridad (algo que suponía la teoría aristotélica), sino que dependían directamente de la luz, es decir, de los diferentes grados de refracción luminosa.

Por su parte, la idea de que el rojo, el amarillo y el azul fueran los tres colores primarios, provocó una reacción entre algunos pintores, que trataron de tomarlos como base de sus cuadros, pues se pensaba que con la mezcla de ellos más el blanco y el negro, se podía producir toda la gama de colores existentes.

Newton, en cierto modo, creía en esta teoría, pero su trabajo principal consiste en haber demostrado que “todas las radiaciones del espectro (incluido el verde, el anaranjado y el violeta) eran expresiones cromáticas independientes que no podían considerarse resultado de la mezcla de otros colores; el número de colores simples o primitivos era, por tanto, infinito”.⁶

Es importante destacar que un siglo antes, Maurolycus, anticipándose a Newton, distinguió que en el arcoiris existían cuatro colores principales: amarillo, verde, azul y púrpura que mezclados daban colores intermedios.

No obstante y a pesar de que Newton había demostrado con su experimento del prisma cómo la luz blanca se descomponía en todos los colores del espectro visible, existían sus retractores, entre los que se encontraban Roger Hooke y tiempo después, Christiaan Huygens, quienes afirmaban que los únicos constituyentes de la luz blanca

eran el amarillo y el azul. Es de destacarse que pintores como Jan Vermeer de Delft utilizaron en sus pinturas un predominio de dichos colores.

También es importante hacer notar que en la práctica y mediante el uso de los pigmentos, en la mayoría de los casos, todas estas teorías fueron plenamente superadas por los pintores, quienes optaron por el uso de paletas ricas en colores, como ocurrió con Rubens.

Contrariamente a lo ocurrido en el siglo XVII, en donde hubo una exaltación a la luz y color, el siglo XVIII se muestra con una corriente pictórica creada por Michelangelo Merisi Caravaggio, el tenebrismo, la cual se extendió por toda Europa. En cuanto al color, el uso extremado de sombras produjo la neutralización de los colores locales. En España, el tenebrismo se mitigó mediante el uso de una paleta más homogénea, sin contrastes tan intensos. En Holanda, se utilizó una paleta prácticamente monócroma y así, Rembrandt, tendía al uso del negro, blanco, rojo y amarillo, aplicados mediante veladuras y transparencias.

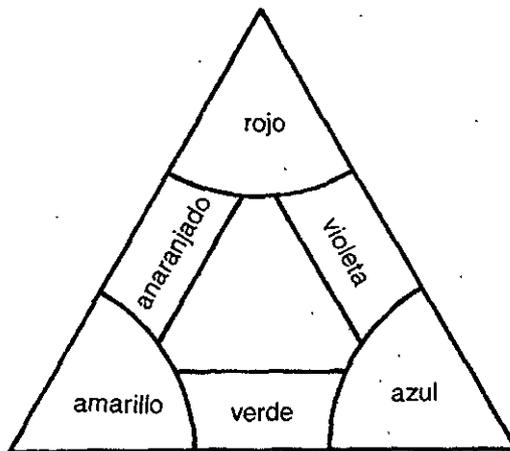
Volviendo a los estudios de Newton, en su primer intento por organizar los colores, presentó un esquema que incluía el escarlata o púrpura, minio, amarillo limón, amarillo dorado o dorado solar, amarillo oscuro, verde, verde de hierba, verde azulado, azul, índigo y violeta. Luego, este esquema quedaría reducido a 7 colores organizados de manera circular:



Círculo cromático de Newton

Como parte de este mismo esquema, Newton comienza a difundir la idea de complementariedad de los colores, la cual fue continuada y aplicada por varios pintores, destacándose por su análisis el trabajo de Delacroix, quien en 1830 presentó otro esquema de organización cromática.

El triángulo cromático de Delacroix muestra en los ángulos los llamados colores primarios y, a los lados, los colores que se producen al mezclarse. Con esto, demostraba que la mezcla de un color primario y uno secundario producía un mejor gris que el de la mezcla de blanco y negro:



Triángulo cromático de Delacroix

Pero también Delacroix mostraba escepticismo ante las teorías del color que se venían divulgando, especialmente ante los experimentos del químico francés Michael Eugène Chevreul, quien en la década de 1820, luego de experimentar con el brillo de los tintes utilizados en una fábrica, descubrió que la falta de brillo de algunos materiales se debía a un efecto subjetivo que producía la mezcla óptica. Tras estos estudios, dió a conocer su teoría de "contraste simultáneo de los colores", con dos leyes básicas:

La primera establece que cuando el ojo percibe dos colores que se encuentran contiguos, éstos parecerán lo más diferente que sea posible, tanto en su composición óptica como en su intensidad tonal. La segunda, establece que la combinación de colores complementarios es superior a cualquier otra armonía del color.⁷ Aunque desde Aristóteles hasta Leonardo se había hablado ya del contraste de los colores, los estudios de Chevreul sirvieron varios años después a pintores como Seurat para desarrollar sus nuevas teorías.

Los avances científicos en todos los ámbitos, principalmente en los estudios de óptica y en el conocimiento de los fenómenos naturales, produjeron, consecuentemente, cambios en el arte. Sin embargo, resulta interesante saber que la gran fuerza y validez que mantuvieron las teorías newtonianas durante los siglos siguientes (la idea del esquema cromático perfectamente organizado y cuantificado) , trajeron consigo una disminución del estudio del color en el arte hasta el siglo XIX, aunque éstas regresaron nuevamente con los constructivistas del siglo XX (Malevich).

3.2. Romanticismo

El siglo XIX se presenta con un cambio radical en cuanto a teorías y conceptos. Los artistas románticos se vieron fuertemente influenciados por Wolfgang Goethe, quien en 1810 publicó su libro "Teoría de los colores". A diferencia de Newton, el escritor alemán, orienta sus estudios hacia la subjetividad del perceptor, esto es, que para él la parte psicológica en la percepción cromática es igual de importante que la física y la química.

Para Goethe "el color está unido, indistintamente, a la luz y a la oscuridad, en general al negro y al blanco que, mezclados, dan el gris: es el gris, entonces, y no el blanco el color que reúne y fusiona todos los otros colores".⁸ De esta manera, podemos darnos cuenta de la importancia que Goethe da al medio tono como elemento constructor de un cuadro. Además, otorga destacada importancia a las relaciones entre los colores, estableciendo que éstas se dan de dos maneras diferentes, una mediante contrastes consecutivos entre los colores complementarios (violeta-amarillo-violeta-amarillo-..., anaranjado-azul-anaranjado-azul-... y rojo-verde,rojo-...) y contrastes simultáneos, donde ciertos colores tienden a oscurecer o a aclarar a los demás según su fuerza cromática,

por ejemplo, el azul que predomina sobre el naranja, etc.

Pero el trabajo de Goethe también tuvo consecuencias en el ámbito científico. Él hablaba de una estructura polar en la formación de los colores a partir de la luz y de la oscuridad, lo que contribuyó a que hacia 1870 el fisiólogo vienés Edwald Hering hiciera pública su teoría de los colores opuestos, en la que afirmaba que la retina era estimulada por los polos complementarios rojo-verde, naranja-azul y amarillo-violeta.

Esta teoría, aunada a los estudios de Goethe, fueron fundamentales en el trabajo de los pintores románticos, destacando dos de ellos, el alemán Philipp Otto Runge y el inglés Joseph William Turner. Ambos, siguiendo la idea de que la claridad y la oscuridad eran los polos principales en la experiencia del color, trataron de adaptar el esquema de los tres colores primarios (rojo, amarillo y azul) a los distintos momentos del día. No obstante, en los cuadros de los dos pintores se puede ver que para ellos la verdadera gran importancia de los estudios de Goethe radica en el valor moral que éste le otorgó a los colores y, en el caso de Turner, el valor moral que él mismo le dio a la claridad y a la oscuridad.

A esto, hay que agregar que el romanticismo se presenta como un reencuentro con la naturaleza, se vuelve la mirada al análisis y a la observación de los fenómenos meteorológicos, de manera que los pintores románticos "encontraron o creyeron encontrar un esquema de armonía cromática en el arco iris y en el prisma, un esquema sancionado por maestros como Leonardo, Rafael y Rubens, y recomendado por la propia naturaleza".⁹

A esta forma de trabajo se une otro paisajista inglés, John Constable, cuya obra muestra su principal interés por los efectos de la luz y la sombra en la naturaleza, al grado de haber elaborado y desarrollado una teoría propia, llamada *Claroscuro de la Naturaleza*. En esta teoría Constable establece la idea básica de que "en la naturaleza la línea no existe", algo que posteriormente retomarían los impresionistas, los puntillistas y más adelante, Paul Cézanne.

Si bien el romanticismo marcó la pauta en cuanto al manejo de conceptos y teorías del color, es importante decir que, en general, durante todo el siglo XIX, los artistas mostraron una gran preocupación por los aspectos formales de la obra y es, de

esta manera, que con el impresionismo se presenta otro problema de tipo formal: la luz.

3.3. Impresionismo

De la resolución de la luz por parte de los impresionistas he hablado en el primer capítulo de este trabajo, por lo que ahora me limitaré a decir que, por supuesto, el problema a resolver por los artistas impresionistas, es decir, el registro de impresiones lumínicas en un instante determinado, no estaba exento de soluciones a través de teorías del color.

Por lo general, se habla del Impresionismo como el período con el que culmina una etapa del arte comenzada en el siglo XV con el Renacimiento. Se dice, pues, que el Impresionismo es el límite entre la pintura de la antigüedad y la pintura moderna del siglo XX. Otros autores, suelen marcar este límite unos años más adelante, con el trabajo de Cézanne.

Lo que sí es cierto, es que este período surge con serios cuestionamientos de algunos artistas a conceptos como la luz y el color. Aunque éstos ya se habían planteado desde algunos siglos atrás (por ejemplo, en la pintura veneciana del s. XVI), los pintores impresionistas los retoman como el fundamento mismo de su trabajo.¹⁰

Algunos de los antecedentes más inmediatos se pueden encontrar en la pintura de Delacroix, quien afirmaba que “en la naturaleza todo es reflejo”. Y al referirse al reflejo, Delacroix incluía al color, un color que se nos muestra a la vista, producto de los efectos luminosos. Como también he mencionado, esta preocupación por el color es básica en el trabajo de los románticos ingleses como Turner y Constable. Otros artistas, como Camille Corot, recomendaban a los pintores someterse a la primera impresión, lo mismo que Courbet, los paisajistas de la escuela de Barbizon como Rousseau y Doubigny, y muchos más.

Sin embargo, y aunque en algunas ideas existían coincidencias, el impresionismo se presenta como una corriente distinta, con pretensiones e intereses diferentes.

Se sabe ya que la búsqueda de los impresionistas se encontraba en captar instantes de luz, a través de elementos de la naturaleza "pasajeros" como el agua, humo, vapor, etc., y de hecho, este período se caracteriza porque los artistas se atrevieron a salir a pintar la naturaleza, retomando este aspecto de Corot y de algunos otros pintores anteriores. Pero hablando estrictamente del color, es de destacarse que su paleta se redujo notablemente.

La gama utilizada generalmente no pasaba de los 7 u 8 colores, y éstos eran: verdes, azules, violetas, rojos, bermellones, anaranjados y amarillos, a los que se les añadían lacas. Técnicamente, el color era aplicado con pinceladas yuxtapuestas obteniendo así cuadros más vivos y vibrantes.

Un aspecto interesante del impresionismo consiste en que el uso del negro fue mínimo y, en la gran mayoría de las obras, fue eliminado totalmente, logrando con esto fundamentar una teoría que les permitía realizar sombras coloreadas. Estas sombras debían estar constituidas concretamente por el color azul.

Aunque los impresionistas se mostraron interesados por los más recientes trabajos científicos en materia de óptica, luz y color, estando al tanto principalmente de los experimentos de Chevreul y posteriormente de Young, finalmente fue una etapa del arte en donde tenía más importancia la sensibilidad y la intuición del artista, que lo que podría haber encasillado el cientificismo.

3.4. *Neoimpresionismo, postimpresionismo y pintura del siglo XX.*

La consecuencia de la crisis del impresionismo, como la de cualquier etapa, fue un período de respuesta, que se puede considerar todavía de pintura luminista. En éste aparecieron dos corrientes cuyos exponentes en determinado momento se vincularon con ambas. Se trata de los neoimpresionistas y de los postimpresionistas, donde se distinguirán artistas como Seurat, Van Gogh, Gauguin y el mismo Cézanne.

Pero hablar de estos artistas es hablar de conceptos muy diferentes.

Posiblemente la mayor distinción entre estas dos corrientes se da en que para los neoimpresionistas el cuadro debe basarse en un estricto proceso de óptica, absolutamente científico, mientras para los postimpresionistas el hombre asume el lugar principal, con la plena capacidad de pensar y la libertad de manifestar sus emociones.

El neoimpresionismo, cuyo principal exponente fue Seurat, se constituyó como una corriente plenamente científica, basada específicamente en las leyes de óptica a través del manejo del color. El trabajo de los neoimpresionistas estaba sustentado sólidamente por una teoría, llamada divisionismo y por un aspecto práctico y técnico, llamado puntillismo, nombres dados por el propio Seurat.

Seurat tenía una educación formal y estaba al tanto de las últimas investigaciones sobre el color, teniendo una fuerte influencia de los estudios de contrastes simultáneos de los colores realizados por el físico Chevreul y, unos años después, él mismo formuló una teoría basada en la armonía cromática a base del uso exclusivo de los tonos complementarios.

De esta manera, el cromatismo que Seurat proponía consistía en sustituir los efectos de luz y color que los impresionistas lograban mediante la aplicación del color de manera yuxtapuesta, por un proceso analítico de los tonos complementarios, que finalmente se llevaría a cabo en la retina del espectador. Esto es, que comienza por descomponer el tono "en sus componentes elementales (en sus unidades atómicas) y organiza estas unidades sobre la base de relaciones y dependencias internas fundadas en reglas constantes... descompone la continuidad del espacio en unidades elementales y organiza estas unidades en un conjunto altamente solidario, en una estructura..."¹¹.

Visualmente, el puntillismo es capaz de producir una gama infinita de tonos que, curiosamente, únicamente son logrados mediante el uso de los colores complementarios violeta, verde y anaranjado. Esta es la teoría del color del puntillismo y más adelante se verá el paralelismo que hay entre éste y la evolución de la fotografía a color.

Por último, y en cuanto a la verdadera intención del neoimpresionismo, Seurat decía: "dividir es asegurarse todos los beneficios de la luminosidad, de la coloración y de

la armonía; primero, por la mezcla óptica de pigmentos puros (todas las tintas del prisma y todos sus tonos); en segundo lugar, por la separación de los diversos elementos (color local, color de iluminación y sus reacciones); en tercer término, por el equilibrio de estos elementos y sus proporciones según las leyes del contraste, de la degradación y de la irradiación; y en último lugar, por la elección de un toque proporcionado a la dimensión del cuadro...".¹²

Por otro lado, y paralelamente al neoimpresionismo, aparece el postimpresionismo. Quizás el mayor representante de este movimiento es Paul Cézanne, aunque dentro de él se suelen incluir a artistas como Vincent van Gogh, Paul Gauguin, Henri Matisse y Henri Toulouse-Lautrec.

Cézanne perteneció a la generación de los impresionistas, movimiento en el que trabajó durante sus primeros años como pintor. Al poco tiempo rompió con esta corriente para dedicarse a la producción e investigación de un trabajo propio. Formalmente, su trabajo pictórico se encuentra más enfocado a conceptos como volumen y espacio, pero en cuanto al color, Cézanne llegó a crear una nueva problemática pictórica: modelar con el color.

Para él, pintar era registrar sensaciones cromáticas. Técnicamente, trabajaba mediante *tâches* (manchas) de colores que no sólo le permitían modelar, sino que también le creaban profundidad. Además y en oposición tanto al impresionismo como al neoimpresionismo, Cézanne no restringía su paleta a un número determinado de colores, por lo que su gama es muy amplia y, aunque hay constantes, diferente en cada uno de sus cuadros.

Pero el siglo XX comienza con nuevas inquietudes respecto al arte y desde luego, en él se incluye al color. Muy probablemente Vincent van Gogh, a finales del siglo XIX, marcó el inicio de una pintura con dirección evidente hacia un expresionismo en donde el color juega un papel más ligado a los sentimientos que a la imitación de la apariencia real de las cosas. No obstante, también hay que recalcar que su trabajo siempre fue producto de un estudio minucioso de las cosas y de sus efectos de color.

En las pinturas de Van Gogh hay una clara insistencia en los colores

complementarios, en donde buscaba oposiciones de azul y anaranjado, rojo y verde y, amarillo y violeta, tratando siempre de conseguir un colorido intenso y no un gris. Además, y según sus propias palabras, dió ciertos valores a los colores relacionados con los sentimientos; así, por ejemplo, el amarillo era un color que relacionaba con el optimismo y el amor, mientras el rojo y el verde eran los colores que representaban las “terribles pasiones humanas”.

A pesar de las diferencias de interpretación de la pintura de todo el siglo XIX, tanto el impresionismo como el divisionismo, hasta el fauvismo y futurismo de principios del siglo XX, hablando estrictamente del color, tienen su base cromática en el sistema de contraste simultáneo de Chevreul. Posteriormente, la pintura se empieza a inclinar hacia aquello que ya había esbozado Van Gogh y de lo que casi un siglo atrás había hablado Goethe: el color en relación a los aspectos místicos y psicológicos.

Desde el expresionismo, el abstraccionismo y el cubismo hasta el neoplasticismo, los artistas asumen esta postura respecto al color y, además, lo comienzan a relacionar con otras artes, encontrando en él un principio de percepción absoluta.

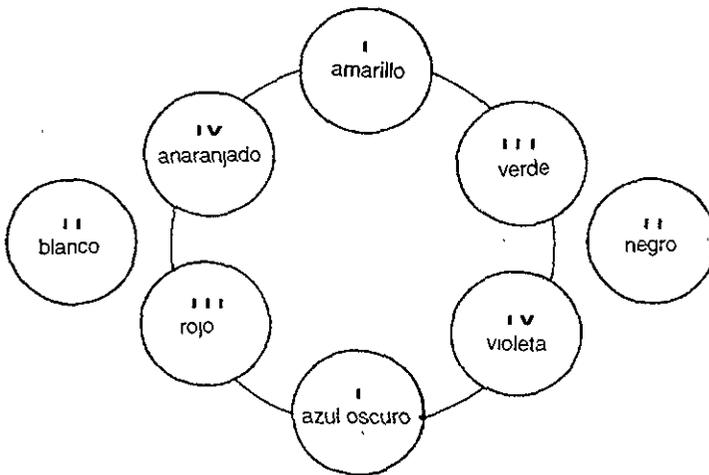
Así, por ejemplo, los expresionistas que retomaron principalmente las ideas de Goethe, liberaban al color de su función en la identificación de los objetos. Además, fundamentaban su pintura en la psicología experimental, desvinculando los efectos cromáticos de todo tipo de recuerdos o asociaciones, dando como resultado imágenes sumamente fuertes con colores intensos.

Pero sin lugar a dudas, las mayores aportaciones teóricas y prácticas a la pintura a través del estudio del color desde una óptica psicológica, la dieron a conocer unos años más tarde dos artistas que trabajaban en Alemania: el ruso Wassily Kandinsky y el suizo Paul Klee.

Kandinsky, que ya grande entró en contacto con las teorías de Goethe, en 1912 había publicado su libro “Sobre lo espiritual en el arte”, en el que formulaba una ~~detallada teoría expresionista del color. Esta estaba fundamentada~~ en los efectos psicológicos no asociativos de los colores.

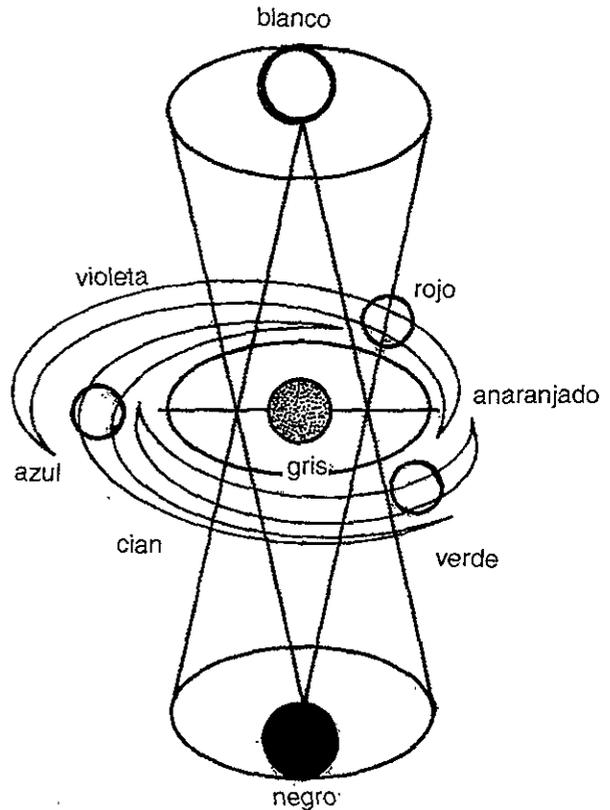
A pesar de que el trabajo de Kandinsky posee un alto contenido expresionista, éste se orientaba más hacia una pintura espiritualista que tendía al abstraccionismo. El problema que se planteaba era si la forma y el color (liberados ya de todo propósito representacional), podían constituir un lenguaje de tipo simbólico. Pero para Kandinsky estas formas y colores por sí solos sólo podían dar expresión externa a una necesidad de tipo interno, y es por ello que creó un sistema cromático en donde los colores debían ser aplicados sobre el lienzo de una manera tan exacta como las notas musicales de una partitura. De este modo, relacionaba los colores con la armonía de los sonidos.

Además, como lo he dicho, para él cada uno de los colores tenía un sentido psicológico y espiritual, basado entre lo cálido y lo frío. De esta manera, el amarillo actúa como una fuerza centrífuga y representa lo femenino y lo corpóreo; el azul, por su parte, actúa como una fuerza centrípeta y representa lo masculino y lo espiritual. Lo claro y lo oscuro producen otras sensaciones: lo blanco es la vida y el nacimiento, mientras que lo negro es la pasividad y la muerte. En tercer plano aparece un contraste entre el rojo y el verde, que se presentan como estímulos de inmovilidad potente e impotente. En el cuarto contraste se encuentran el anaranjado y el violeta; el primero se mueve en dirección centrífuga porque proviene del amarillo y el segundo en dirección centrípeta porque proviene del azul. Así queda planteado el esquema de Kandinsky.



Esquema cromático de Kandinsky

Independientemente del trabajo de Kandinsky se desarrolló el de Paul Klee, quien elaboró un esquema cromático en base a la claridad y a la oscuridad. En él, coloca en la parte superior a la luz y en la inferior a la oscuridad, vinculadas por una mutua interrelación. En medio se encuentra el gris, alrededor del cual se mezclan formas curvas superpuestas. Éstas indican tres colores fundamentales: azul, amarillo y rojo, que se integran produciendo los intermedios, es decir, anaranjado, verde y violeta.



Esquema cromático de Paul Klee

Se puede considerar que Kandinsky y Klee elaboraron las teorías del color más fuertes de la Bauhaus a las que después se añadieron teorías como las de Itten, con base en el origen místico-psicológico de la esencia y la espiritualidad de las expresiones cromáticas, las de Josep Albers sobre la interacción del color entre conformación física (tamaño, forma, repetición, etc.) y significado psicológicos, así como algunas otras.

En la psicología de la Gestalt la interacción de la forma y el color como un fenómeno de percepción visual fue llevado a un campo más científica, extendiéndose esta concepción al trabajo de reconocidos psicólogos como Rudolph Arnheim.

A pesar de todas las teorías cromáticas surgidas en este siglo, hay que decir

que en realidad prácticamente todas tienen su origen en las teorías fisiológicas de Goethe y en las espirituales de Kandinsky.

3.2 Historia de la fotografía a color

Como se ha dicho con anterioridad, la fotografía surge como una necesidad por captar la naturaleza tal y como se nos presenta ante nuestros ojos. A esto hay que agregar que "los primeros fotógrafos propiamente dicho, eran pintores y es por ello que la fotografía nace directamente de la pintura naturalista"¹³, esto es, como imitación.

Esta imitación que buscaba ser "idéntica" al modelo, desde luego, tenía que incluir a los colores, lo que demuestra que desde los inicios mismos de la fotografía, el intento de reproducir los colores "naturales" a través de una superficie sensible se convirtió en una de las primeras preocupaciones de los químicos e inventores.

Sin embargo, los primeros procesos fotográficos inventados hacían imposible conseguir la fijación de los colores, problema que se le presentó al propio Nicéphore Niépce, que en distintas ocasiones trató de hacerlo. Así las cosas, durante varios años los fotógrafos tuvieron que conformarse con colorear sus imágenes.

De manera clara, se puede considerar que los primeros experimentos prácticos datan de la segunda mitad del siglo pasado, cuando el físico francés Edmond Becquerel (1820-1891) logró fotografiar el espectro solar sobre hojas muy delgadas que previamente había preparado, bañándolas con una ligerísima capa de plata (chapeadas), pulimentándolas con corriente eléctrica y finalmente, impregnándola de cloruro¹⁴. Estas imágenes conocidas como fotocromías tenían el grandísimo problema de ser inestables, esto es, que en cuanto eran expuestas a la luz solar desaparecían. De la misma manera que Becquerel, trabajó el también francés Alphonse Poitevin sin obtener tampoco resultados claros. Lo mismo ocurría con el trabajo de Albert Niepce de Saint-Victor, que preparaba sus hojas a base de baños en los que mezclaba sulfato de cobre con cloruros. El problema entonces, era fijar la imagen.

Fue hasta 1891 cuando el Premio Nobel de Física en 1908 Gabriel Lippmann, logró obtener fotografías a color, gracias a un procedimiento interferencial basado en la teoría de la longitud de las ondas luminosas. Este procedimiento consiste en: "la producción por vía de desenvolvimiento en el seno de una capa sensible transparente, de ciertas láminas reflectoras microscópicas que, heridas por la luz blanca incidente, generan el color por el mismo mecanismo óptico que las láminas delgadas (burbujas de jabón, nácar, etc.)"¹⁵.

Con este proceso, que se realizaba sin la participación de la química, como se había venido dando con los métodos pigmentarios, se podían lograr imágenes de muy buena calidad, pero era tan complicado, que fue imposible que tuviera una aplicación en la práctica, a pesar de haber tenido gran cantidad de seguidores a principios del siglo XX.

Para esos años se sabía ya que la descomposición de los colores a base de tres colores fundamentales era posible. Las teorías de ondas de sensibilidad del ojo de Thomas Young en las que establecía que el ojo humano posee tres tipos de conos nerviosos cada uno sensible a cada uno de los colores primarios del espectro, esto es, rojo, verde y azul,¹⁶ se extendieron notablemente en toda Europa, retomándolas principalmente dos científicos, el físico Hermann von Helmholtz en Alemania, y el físico James Clerk Maxwell en Inglaterra, quienes, más adelante "demostraron que la luz blanca podía reconstruirse a partir de una mezcla de sólo amarillo y azul".¹⁷

A finales de la década de 1850 y principios de 1860, Maxwell, apoyado justamente en estas teorías, demostró el procedimiento a través del cual se podían determinar las cantidades relativas de colores primarios (azul, rojo y verde) que están presentes en cualquier cosa a color. Para esto utilizó tres tomas fotográficas realizadas por Thomas Sutton y que reproducían una cinta de colores, utilizando tres filtros diferentes: uno azul, hecho a base de una solución de sulfato de cobre amoniacal; otro verde, consistente en una solución de cloruro de cobre y uno rojo, compuesto de sulfocianuro de fierro. Además, hizo una cuarta toma con un cuarto filtro de color amarillo. De los cuatro negativos obtenidos hizo cuatro positivos, cada uno de los cuales proyectó por superposición sobre una pantalla blanca a través de los cuatro filtros que había usado para hacer los negativos, recomponiendo de esa forma una imagen coloreada. De este modo, demostraba además, que el incipiente desarrollo de la fotografía "podría ser utilizado

para ofrecer un método gráfico y automático para la determinación de las cantidades relativas de los diversos primarios que estaban presentes en cualquier cosa a color".¹⁸

Este procedimiento se llamó aditivo porque consiste en producir imágenes a color mediante la adición de ciertas cantidades de los colores primarios. Sin embargo, el proceso mostraba grandes problemas. En un principio las imágenes obtenidas por Maxwell no eran de buena calidad, ya que los negativos utilizados entonces no eran sensibles a todos los colores y el rojo no actuaba sobre ellos. Además, eran tomas que únicamente se podían ver en transparencias o proyectadas. Unos años después, el norteamericano F. E. Ives perfeccionaría este proceso que, sin embargo, en la actualidad es muy poco utilizado.

Otro proceso derivado del aditivo fue el inventado por el físico irlandés John Joly en 1896. Éste consistía en colocar sobre una placa metálica una pantalla de líneas sumamente finas (100 por centímetro) de los tres colores primarios de manera sucesiva. La imagen en blanco y negro era proyectada y delante de la proyección se colocaba dicha pantalla, lográndose ver una imagen a color.

Actualmente, el proceso que se usa en fotografía a color es el sustractivo, que fue mostrado, quizás de una forma muy rudimentaria, en 1869 de manera simultánea por Louis Ducos du Hauron y Charles Cros. Se puede considerar que este proceso fue el que dio la pauta a los procesos fotográficos a color actuales.

El proceso consistía en tomar tres negativos iguales, pero cada uno con los diferentes filtros verde, violeta y anaranjado, es decir, los colores complementarios del rojo, amarillo y azul, colocados entre el objetivo y la placa. De esa manera, el filtro sólo dejaba pasar el color del que era complementario, bloqueando los otros dos, por ejemplo, a través del filtro verde sólo penetran los rayos rojos y se bloquean los amarillos y azules. Luego, de cada negativo se realizaba un positivo, que se coloreaba de rojo, amarillo y azul. Finalmente, las tres pruebas resultantes se sobreponían de manera que se podían distinguir los verdaderos colores.¹⁹

Como se ha visto, tanto en los sistemas aditivos como en los sustractivos, la tricomía o utilización de los tres colores primarios es la base de todos los procesos de la fotografía a color. No obstante, hasta ese momento, el uso de tres negativos independientes

hacía complicados los procesos, por lo que la aparición de los sistemas reticulados los simplificaron notablemente.

Hacia 1907 los hermanos Lumière dieron a conocer su placa "autocromo". Esta consistía en esparcir sobre una placa miles de granitos microscópicos de almidón de papa, fermentos, levadura, bacilos y un poderoso esmalte, creando una especie de mosaico sobre ella. Estos granos, con anticipación, eran teñidos de colores magenta, cian y amarillo, mezclados a una neutralidad manejable y luego eran esparcidos sobre la superficie, hasta cubrirla. Sobre esta superficie se colocaba una segunda capa de granos del mismo tipo, de manera que las dos capas juntas formaran a la vista los colores rojo, azul y verde²⁰.

Por su parte, el esmalte que se colocaba debía tener el mismo índice refractivo del de los elementos a color, de otra forma habría una merma de luz por interferencia de las reflexiones. En sí, la luz reflejada debía pasar por esta placa antes de llegar a la película fotosensible. El resultado son imágenes prácticamente excelentes que, vistas a través de una lupa, dan la impresión de un cuadro puntillista.

Aunque este proceso tuvo un gran éxito hasta los años 30, e incluso fue usado por fotógrafos como Edward Steichen, Stieglitz y Frank Eugène, las largas exposiciones que requería y los altos costos, lo hicieron que cayera en desuso.

Pero el uso de células muertas no fue exclusivo de los hermanos Lumière, otros científicos como Borrell y Ponoy también utilizaron microbios y estafilococos teñidos que previamente habían sido muertos por calor. También Campbell había hecho experimentos usando polen teñido.²¹

Los sistemas reticulados tuvieron una intensa demanda a principios del siglo XX. Así, durante los primeros años, seguían apareciendo nuevos procesos, entre los que destaca el del irlandés Clare Finlay, cuyo sistema consistía en la elaboración de un reticulado que se adaptaba a la emulsión fotográfica.

A pesar de los avances alcanzados en ese momento, estos procedimientos seguían resultando difíciles de llevar a cabo, principalmente porque hasta entonces sólo

existían placas ortocromáticas, es decir, sensibles únicamente a determinados colores, así es que no fue hasta con el surgimiento de las placas pancromáticas (sensibles a todos los colores del espectro) cuando los procesos fotográficos a color se pudieron desarrollar a plenitud.

De hecho, la fotografía a color tuvo que esperar hasta 1935, cuando se dio a conocer un proceso sin reticulado, en cierto modo similar al que varias décadas antes habían propuesto Louis Ducos du Hauron y Charles Cros y cuyo antecedente más directo se encontraba en los trabajos del alemán Rudolf Fischer que, en 1911, había elaborado una placa consistente en la superposición de tres emulsiones y de tres filtros integrados al material sensible. Fischer fue, en realidad, el precursor del actual Agfacolor.

Pero no fue hasta 1935 cuando se lanzó al mercado la película Kodachrom, gracias a los trabajos de Leopold Mannès y de Leopold Godowski. Esta película estaba compuesta de tres capas de emulsión consistentes en tres filtros coloreados, sumamente delgada ya que su grosor no superaba al de una película en blanco y negro. Cada capa era sensible a las radiaciones de uno sólo de los colores primarios del espectro, es decir, la primera sensible al azul, la intermedia, al verde, y la tercera, al rojo. Poco tiempo después, la marca Agfa, sacó a la venta su película Agfacolor, similar al Kodachrom, una película para transparencias. En 1942 surge el Kodacolor que permite obtener un negativo en color para poder hacer positivos.²² Lo mismo hizo Agfa.

Actualmente, los procesos a color que existen parten del mismo principio. Como se hizo con el original Kodachrom, las capas se revelan sucesivamente con reveladores que tienen la capacidad de integrarlas, convirtiendo el bromuro de plata en colores determinados. Luego, por reversión de estos colores, se obtiene la imagen positiva en forma de una diapositiva única.

Siguiendo el mismo sistema es como se logran los negativos con colores complementarios, a partir de los cuales se pueden obtener infinidad de copias. Los papeles para positivados en color, al igual que los negativos, constan de tres capas colocadas de manera sucesiva y éstos tienen un proceso de revelado similar al de las películas, es decir, capa por capa.

Por su parte, el material del negativo fotográfico a color actual, consiste en la dispersión de micro-cristales de yodobromuro de plata en gelatina. Esto quiere decir que cada grano es una mezcla de dos sales, el bromuro y el yoduro.

Sólo basta decir que en nuestros días existe una cantidad considerable de películas a color, ya sea en transparencias o en negativos, con cualidades y características específicas para las necesidades del fotógrafo y en cuya calidad hay que tomar en cuenta distintos factores, incluyendo la marca y el precio.

Notas:

- ¹ Cage, John , *Color y Cultura*, p. 12
- ² *Ibid*, p. 13.
- ³ *Ibid*, p. 129
- ⁴ *Ibidem*, p. 133
- ⁵ Da Vinci. Leonardo, *op cit.*, pp. 243-260.
- ⁶ Cage, John, *op cit.*, p. 154
- ⁷ *Ibidem*, p. 173
- ⁸ Brusatin, Manlio, *op cit*, p. 101
- ⁹ Cage, John, *op cit.*, p. 108
- ¹⁰ Arola, Rita, (coord.), *Historia del Arte. Impresionismo y Postimpresionismo*. p. 1
- ¹¹ Menna, Filiberto, *La óptica analítica en el arte moderno*, p. 15.
- ¹² Seurat, Georges, de *Historia del Arte: Impresionismo y Postimpresionismo*, p. 53.
- ¹³ Stelzer, Otto, *op cit*, p. 16
- ¹⁴ Keim, Jean Alphonse, *Historia de la fotografía*, p. 119
- ¹⁵ Ramón y Cajal, Santiago, *Notes microphotographiques. Travaux du Laboratoire de Recherche biologique*, vol. V, enero 1907, apud Marie-Loup Sougez, *Historia de la fotografía*, p. 275
- ¹⁶ Gage, John, *op cit*, p. 175
- ¹⁷ *ibidem*
- ¹⁸ Friedman, Joseph, *History of colour photography*, p.
- ¹⁹ Keim, Jean Alphonse, *op cit*, p. 121
- ²⁰ Joseph Friedman, *op cit*, p.
- ²¹ *ibid*, p
- ²² Keim, Jean Alphonse, *op. cit.*, p. 121



4. Color

4.1. Características y propiedades del color.

Cuando miramos a nuestro alrededor, nuestros ojos se encuentran recibiendo en todo momento información de un mundo repleto de formas y colores.

No obstante, hablar del color resulta algo eminentemente subjetivo, debido a que éste no existe como algo objetivo y material de las cosas que nos rodean y que vemos. El color es, en realidad, simplemente una sensación particular que se produce a partir de nuestra percepción visual, esto es, "sólo existe como impresión sensorial del contemplador"¹.

Del proceso de la visión y de la percepción del color y la luz ya se habló en el capítulo 2, dedicado a Óptica, en donde se explicó el funcionamiento del ojo para captar y asimilar toda la información visual que constantemente está recibiendo. A esto hay que agregar que, a diferencia de la luz, en lo que respecta al color, éste no es un fenómeno físico, sino que se trata de un fenómeno fisiológico, esto es, que ocurre dentro del órgano de la vista.

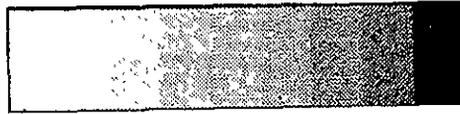
Lo anterior se debe a que el color, en efecto, es luz, pero los rayos luminosos no son colores, aunque cuentan con la cualidad de provocar en el órgano de la vista la sensación de color. Así, la física sólo tiene la función de transmitir las informaciones. Los colores son "por consiguiente, descendientes de la luz. Dos espectros idénticos sólo pueden proceder de dos haces de luz, o sea, colores, que tengan la misma composición"².

El objeto, como ya lo dije, como materia tiene la capacidad de absorber una parte de la energía de la luz que recibe y de reflejar otra parte de esa energía. Es por esto que el color de un material es relativo, ya que depende de diferentes situaciones como son su propia capacidad de absorción de haces lumínicos, las variaciones en la iluminación que recibe y el estado de ésta con respecto al observador³.

Al aspecto cromático o color que vemos en un objeto a la luz blanca del sol se le llama "color del cuerpo" o "color local". Existen algunos materiales diferentes que se distinguen en su aspecto cromático porque absorben distintos sectores espectrales de la luz existente. A esto se debe que cada color de un cuerpo dependa de la capacidad individual del mismo para absorber cierta cantidad de luz.

Cuando se trata de materiales opacos la luz que llega a ellos es remitida y devuelta, por ello carecen de luminosidad; en materiales transparentes la luz pasa a través de ellos y, en el caso de los materiales fluorescentes, ocurre una transformación de las longitudes de onda. En ellos, las moléculas del material absorben luz de una determinada longitud de onda y la vuelven a emitir como una luz de otra longitud de onda.

También es importante mencionar que el ojo posee un mecanismo de adaptación a los cambios cualitativos y cuantitativos de iluminación, es decir, que tiene la capacidad de adaptarse a las distintas calidades e intensidades de iluminación pudiendo, de esta forma, reconocer una gama infinita de colores. No obstante, en la vida cotidiana el ojo tiene una tendencia a seleccionar sólo una parte de dicha gama.



Gama de grises

Por otro lado, cabe decir que existe una distinción entre los llamados colores "pigmento" utilizados en pintura y los colores de la luz, de los cuales hablaré en el siguiente tema. En cuanto a los colores pigmento, su clasificación tradicional está basada en las leyes de las mezclas de los colores. De esta manera, se le llama color primario a aquel que no se puede obtener por mezcla de varios colores, siendo éstos el azul, el amarillo y el rojo. De la mezcla de dos primarios surgen los secundarios: azul + amarillo = verde; azul + rojo = violeta; amarillo + rojo = naranja, y mezclando dos o más secundarios, surgen los terciarios, es decir, las tierras. En esta clasificación está basado el círculo cromático tradicional.

4.2 Colores de la luz.

La composición de la luz es determinante en la fotografía. Como se habló en el tema anterior, el funcionamiento del órgano de la vista permite reconocer una multitud de gamas de colores, calculándose una cantidad de hasta 9 millones. Sin embargo, para la fotografía en color es fundamental el reconocimiento y el uso adecuado de los colores de la luz.

En el capítulo dedicado a la óptica, mencioné las tres diferentes formas en que se encuentran las células visuales llamadas conos, las cuales poseen la capacidad de recibir, de manera selectiva, tres diferentes longitudes de ondas electromagnéticas correspondientes a cada uno de los colores primarios de la luz, es decir, las ondas largas correspondientes al rojo, las medias al verde y las cortas al azul.

Por lo tanto, los colores de la luz considerados primarios son el rojo, el verde y el azul. De ellos se derivan los colores secundarios, que se producen cuando dos primarios son activados de manera simultánea: rojo + azul = magenta; rojo + verde = amarillo; verde + azul = cian. Por su parte, la luz blanca se produce cuando se activan simultáneamente y con la misma intensidad los tres primarios y, por el contrario, cuando las radiaciones son absorbidas en su totalidad, se produce la sensación de color negro.⁴

Isaac Newton fue quien al descomponer un rayo de luz solar (luz blanca) por medio de la refracción de un prisma de cristal descubrió el fenómeno del espectro visible. De esta manera encontró que en él se pueden formar una gama de siete colores: rojo (rayos de onda larga menos refractados), anaranjado, amarillo, verde, azul, cian y violeta (rayos de onda corta más refractados), en ese orden, los cuales son los colores del arco iris. El mismo experimento lo llevó a encontrar que la suma de todos los colores espectrales da por resultado el blanco.

Pero en el espectro real visible se dan los campos de color azul, cian, verde, amarillo y rojo, en ese orden, siendo invisibles hacia el azul los ultravioletas y hacia el rojo los infrarrojos. El color magenta no se presenta de forma real en el espectro porque no existe una longitud de onda que abarque de manera simultánea los campos de

recepción que corresponden a los tipos de conos visuales azul y rojo, esto debido a la posición de estos colores en el espectro, como se ve a continuación:

Ultravioleta	Azul	Cian	Verde	Amarillo	Rojo	Infrarojo
--------------	------	------	-------	----------	------	-----------

Como se puede ver, por la propia composición del espectro no existe una activación simultánea de los campos azul y rojo que provoque la sensación del color magenta. Sin embargo, en la práctica esto es posible mediante las mezclas de los colores.

Aún esto, es importante aclarar que el estímulo visual de determinado color no es el mismo permanentemente, sino que siempre se encuentra dependiendo de las condiciones de iluminación existente, o sea, de la composición espectral de la luz.

4.3 Pigmentos y Tintes

Se llaman pigmentos a las sustancias coloreadas (colorantes), molidas finamente, prácticamente insolubles en disolventes y aglutinantes, que transmiten su efecto de color a cualquier otro material. Estos pueden ser orgánicos o inorgánicos, coloreados o incoloros.

La reproducción de los colores a través de pigmentos se logra a partir de 3 colores primarios, estos son el rojo, azul y amarillo. Pero hay que aclarar que en general los colores en forma de pigmentos no son tan brillantes como los del espectro. "Esto se debe a que no hay una separación clara entre los colores que absorben y los que reflejan, sino que tienden a absorber todas las longitudes de onda de la luz en cierto grado, aunque reflejan unas más fuertemente que otras"⁵.

Es por esto que los pigmentos prácticamente no son utilizados en la fotografía a color moderna. En vez de ellos se utilizan colorantes o tintes sintéticos ya que resultan ser más brillantes que los pigmentos y, de hecho, algunos de los procedimientos sustractivos se basan en la síntesis del colorante mientras tiene lugar el revelado.

Los pigmentos cromáticos son aquellos que van desde el violeta hasta el rojo, pasando por el azul, el verde y el amarillo y todas sus gamas. Los pigmentos llamados acromáticos son los negros, blancos y grises. Sin embargo, todos estos son color.

Los pigmentos pueden clasificarse de acuerdo al color, uso, permanencia, etc., pero la manera más común de ordenarlos es de acuerdo a su origen, esto es, orgánicos o inorgánicos. Antiguamente esta clasificación se limitaba al origen animal, vegetal (orgánico) o mineral (inorgánico) de estos colorantes, pero a partir de la segunda mitad del siglo XVIII y gracias al estudio de este tipo de sustancias, se llegó a la conclusión de que éstas estaban constituidas básicamente por carbono o hidrógeno y otros elementos en menor cantidad. Esto trajo como consecuencia el nacimiento de la Química Orgánica y con ella la posibilidad de producir materias colorantes en el laboratorio, tanto orgánicas como inorgánicas. Por lo tanto, desde el siglo XIX se empezó a considerar pigmento orgánico a aquel que tuviera como característica fundamental no únicamente el ser de origen animal o vegetal, sino el estar compuesto básicamente por hidrocarburos.

Por último, es importante decir que como se ha visto con anterioridad, el color de un pigmento, al igual que el de las cosas que nos rodean, depende de diversas circunstancias como son las condiciones de luz y que se trata de un fenómeno meramente subjetivo. Por lo tanto, los pigmentos deben su color a la clase de rayos luminosos que reciben y a su capacidad para absorber algunos y reflejar otros.

4.4 Luz aditiva

Como se verá en el tema referente a la historia de la fotografía a color (capítulo 4), los experimentos del físico inglés James Clerck Maxwell fueron determinantes en el descubrimiento de la fotografía a color, pues fue él, quien hacia 1861, comenzó a experimentar con los procesos de adición y sustracción en la fotografía. No obstante y a pesar de que éstos son procesos diferentes, se debe dejar en claro que ambos suponen, "tal como ha sido formulado y consagrado (después de Young y von Helmholtz) que los colores básicos son solamente tres, a partir de los que puede ser formado cualquier

otro... éstos están fijados en grupos y en tipos: rojo (bermellón), azul oscuro (azul), verde (bandera) y cian (azul), magenta (rojo carmín), amarillo (limón), y como tales están sometidos a dos tipos de manipulaciones: la primera correspondiente a los colores transmitidos a través de la luz (fenómeno aditivo), la segunda se basa en la mezcla o superposición (fenómeno sustractivo)⁶.

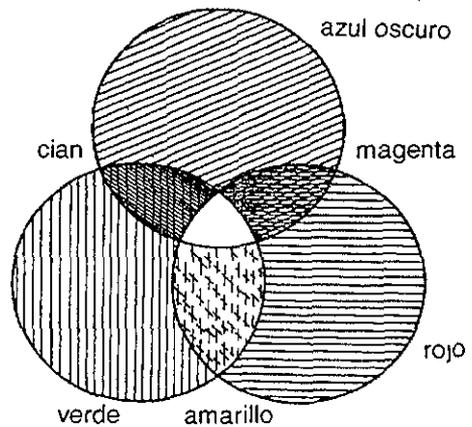
La luz aditiva resulta de la mezcla (por superposición) de diferentes luces de color para formar los tres colores secundarios, es decir, el cian, amarillo y magenta. La mezcla aditiva no se presenta únicamente en el órgano de la vista, sino que también se realiza en la naturaleza.

Mediante este sistema, y partiendo de los tres colores primarios o básicos, se puede obtener toda la gama de colores secundarios. De este modo casi todos los objetos que vemos y que se fotografían a color tienen colores secundarios, es decir, con distribución irregular del azul, verde y rojo.

Este sistema tiene un uso común en iluminaciones para teatro, monumentos, etc. En fotografía también ha sido utilizado, aunque en nuestros días ha sido desplazado por el sistema sustractivo. Sin embargo, cabe mencionar que en 1907 los hermanos Lumière presentaron la placa autocroma para uso fotográfico en base a este sistema de mezcla de los colores.

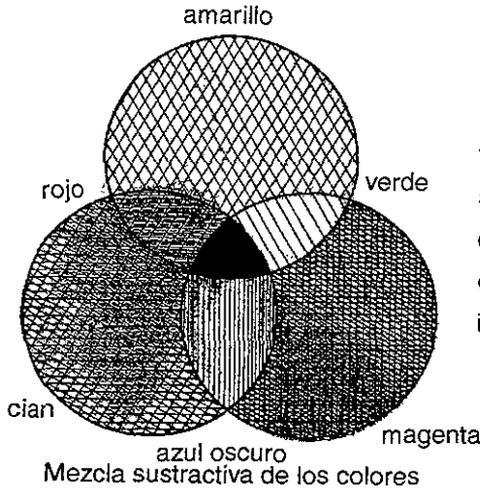
El sistema aditivo parte del principio de que a la luz blanca se le resta luminosidad, esto es, que el color mezclado resultante es siempre más claro que el más claro de los colores de la mezcla.

La mezcla aditiva se puede representar de la siguiente manera:



Mezcla aditiva de los colores

4.5 Luz sustractiva



Este sistema, por el contrario, se aplica mediante la sustracción o resta de colores transparentes colocados de manera superpuesta o uno delante de otro. Aquí, el color resultante de la mezcla es siempre más oscuro que cada uno de los colores que intervienen en ella.

Esta manera de obtener un color es clara de entender en la acuarela o en el acrílico. Partiendo del blanco del papel se efectúa la sustracción al aplicar el pigmento.

En fotografía, la teoría de la separación de color por medio de un negativo es prácticamente la única que se utiliza y se explica a través de la mezcla sustractiva de los colores. Su uso es el siguiente, entendiendo que siempre se suma luz con luz. De una luz blanca, los filtros de colores primarios, esto es, rojo, verde y azul, absorben los otros dos para dejar únicamente el suyo.

Partiendo de una luz blanca:

	SUSTRAER	COLORES RESTANTES (COMPLEMENTARIOS)
LUZ BLANCA	Azul	rojo + verde = amarillo
	Verde	rojo + azul = magenta
	Rojo	azul + verde = cian

Con los filtros de colores secundarios ocurre lo mismo, pero la luz retenida es de color primario. De este modo, el magenta deja pasar ondas de luz rojas y azules, reteniendo el verde; el cian deja pasar ondas verdes y azules, reteniendo el rojo; y, el amarillo deja pasar las ondas rojas y verdes, reteniendo el a

FILTRO	COLOR RESTANTE
Amarillo (rojo + verde)	Azul
Magenta (rojo + azul)	Verde
Cian (azul + verde)	Rojo

El proceso fotográfico tradicional en color está hecho de tres capas de emulsión de haluros de plata con tintes de los colores primarios (azul, rojo y verde). Pero cuando se quiere hacer una impresión por separación de color a través de pigmentos (goma tricolor, carbón tricolor, etc.), se usan tres negativos de blanco y negro, pancromáticos (sensibles a todos los colores del espectro) por medio de los tres filtros de colores primarios y, de esta manera, se separan los colores en tres negativos.

Así, a un rayo de luz blanca (con el entendimiento de que ésta es el resultado de la recepción de toda la zona de ondas del espectro visible) se le pueden sustraer todos los colores que pueden existir con el uso de los tres filtros de los colores primarios, cambiando respectivamente su grosor. Al hacer esto, los colores que siguen apareciendo son aquellos rayos de onda que han podido pasar.

Los filtros rojo 25, verde 58 y azul 47 son filtros apropiados para la separación de negativos utilizando luz de día. Los filtros rojo 29, verde 61 y azul 47B, son filtros apropiados para la separación de negativos utilizando luz de tungsteno. Si se requiere un cuarto negativo negro, se hace por medio de un filtro amarillo o verde claro.

Cuando se utiliza película Tri-X, 35 mm., 120 o película de hoja se puede utilizar la siguiente regla de factor del filtro:⁷

Filtros para:

* *Luz de día*

47 azul	2 1/3 pasos
58 rojo	3 pasos
25 verde	3 pasos

* *Luz de tungsteno*

47 B azul	3 pasos
61 verde	3 1/2 pasos
29 rojo	4 pasos

* Este proceso se puede hacer con una cámara normal tomando el mismo objeto tres veces con los tres diferentes filtros.

Cada negativo de separación imprime su color complementario. Como se ha dicho, un negativo expuesto, por ejemplo, con un filtro rojo, imprimirá su complementario, el cian. Esto se debe a que el pigmento cian que está compuesto de azul y verde absorbe y controla el rojo en el momento de realizarse la impresión. Por lo tanto, se puede decir que los colores complementarios controlan a los colores primarios. Si los colores de pigmento (amarillo, magenta y cian) están impresos a su máxima densidad, el resultado es negro. Si ningún color complementario está impreso, el resultado es blanco.

Hay que tomar en cuenta que:

1.- Cada color del objeto refleja la luz compuesta por varias proporciones de los colores primarios: rojo, verde y azul. Los filtros absorben los colores primarios y dejan pasar sólo la luz de su color. La densidad de cada negativo en blanco y negro representa la cantidad de color primario en cada área del objeto que refleja la luz.

2.- Para revelar los negativos de separación de color, Kodak recomienda el uso del revelador HC-110. En esta tabla tiempos de exposición y revelado de sugerencia:

FILTRO	EXPOSICIÓN	REVELADO (HC 110 DILUCIÓN B)
Rojo 29	25 segundos	4 1/2 minutos
Verde 61	15 segundos	3 1/2 minutos
Azul 47 B	30 segundos	7 1/2 minutos

3.- Es posible hacer separaciones en la cámara realizando tres tomas del mismo objeto con los tres diferentes filtros.

4.- Se pueden hacer separaciones de negativos en el cuarto oscuro con una ampliadora, los filtros y con una diapositiva de color (se tiene que trabajar en oscuridad total).

5.- Existen películas especiales para la separación de negativos como Super-XX de Kodak (para separaciones hechas en la ampliadora).

6.- T-Max es una película recomendada para este proceso.

7.- Al hacer negativos de separación se deben acentuar las luces y los medios tonos.

8.- Los pigmentos se deben mezclar con goma arábica para obtener su densidad máxima.

9.- El orden recomendado de impresión de un tricolor es: primero amarillo, después magenta y, por último, cian.

10.- En todos los registros, el contraste y la densidad deben estar equilibrados. En ello intervienen tres factores: la iluminación, la exposición y el procesado.

11.- La iluminación debe ser uniforme en los objetos. Las variaciones de iluminación producen diferencias en densidad en los diversos materiales. Ello es debido en parte a que la respuesta del contraste de las emulsiones en blanco y negro no es igual para todos los colores de luz.

12.- La exposición debe ser equilibrada para conseguir las densidades y los contrastes apropiados. La luz de tungsteno posee una abundancia de tonos rojizos y, por lo tanto, su exposición con el filtro rojo debe ser más breve que la exposición con los filtros azul y verde. Es esencial que se determine el verdadero factor de cada filtro en relación a los otros dos.

13.- Si se usa placa de película hay que procesar las tres placas juntas para evitar los efectos de posibles cambios en las soluciones. En general, los negativos del filtro rojo y del verde se revelan en el mismo tiempo, pero el filtro azul requiere más tiempo para conseguir el mismo contraste.

14.- Cuando se hacen los negativos directamente en la cámara todos los elementos deben permanecer en una posición fija durante la exposición. Si el objeto, el objetivo o el respaldo de la cámara se mueven entre las exposiciones, las imágenes no quedarán bien registradas. Esto significa que es esencial el uso de tripié.

4.6 Temperatura del color

La temperatura del color es básicamente un sistema creado para medir ligeras diferencias de color. Aunque su uso data de tiempo atrás, se puede considerar que es un término introducido a la fotografía en épocas recientes, pues surge a partir de la aparición de la fotografía a color.

Es importante hacer la aclaración de que este término no tiene nada que ver con las "sensaciones psicológicas" producidas en nosotros por los colores. Por el contrario, es un término meramente físico basado en la medición de la composición espectral de la luz emitida por los cuerpos luminosos, que poseen una temperatura específica.

Este sistema es, pues, "la manera de describir el color de una luz uniformemente mezclada"⁸. Por lo tanto, resulta muy efectivo su manejo en fuentes de luz continuas como la luz del sol o la luz de tungsteno y, por el contrario, no es adecuado su uso con lámparas de descarga de vapor de mercurio o con tubos fluorescentes.

La unidad de medida de la temperatura del color son los grados Kelvin (K), en una escala que va de 1500 a 20 000 K o más. De este modo se puede determinar la temperatura de los cuerpos celestes. Al Sol, la fuente luminosa más importante para la fotografía, se le calculan 6 500 K. Esta medida es válida para cualquier emisor de temperatura, tanto para fuentes de luz artificial como para fuentes con luz de día.

La idea de hablar de temperatura del color tuvo su origen a partir del conocimiento de una ley que expresa que "el color de los cuerpos que emiten luz cambia al aumentar la temperatura de rojo a blanco, al tiempo que se incrementa la parte de azul"⁹.

Con esto, se deduce que la luz de color rojo o ámbar tiene valores muy bajos, mientras que las luces amarilla, blanca y azul, tienen respectivamente valores más elevados. Por lo tanto, generalmente se utilizan filtros azules para elevar la temperatura y filtros ámbar para disminuirla. Ellos se usan de igual modo en las fuentes de luz que en los objetivos de las cámaras.

La siguiente tabla muestra las temperaturas del color de diferentes fuentes de luz tanto artificial como de día.

Temperatura de color de luz artificial (grados Kelvin)

Tipo de luz	Grados Kelvin
Flama de vela o cerillo	1 700
Flama de bujía o candela	1 850
Lámpara de filamento (foco de 100 vatios)	2 865
Lámpara de filamento (foco de 500 vatios)	2 960
Lámpara de filamento (foco de 1000 vatios)	2 990
Lámpara de tungsteno halógeno (cuarzo)	3 200
Lámpara sensitométrica (luz blanca internacional S. A.)	2 848
Lámpara de proyección (cuarzo)	3 100

Lámpara de estudio C.P. (color photographic)	3 350
Lámpara photoflood	3 400
Tubo fluorescente blanco caliente	3 700
Tubo fluorescente luz de día	4 800
Lámpara de photoflood luz de día (azul)	4 800
Lámpara de carbón de arco (luz blanca)	5 000
Lámpara de descarga	5 500
Lámpara arco de sol (alta intensidad)	5 500
Lámpara de flash azul	6 000

Temperatura de color de luz de día (grados Kelvin)

Horario	Grados Kelvin
Salida y puesta de sol	2 000
Salida y puesta de sol en su oposición	8 000
Una hora antes de la salida, cielo descubierto	13 000
Una hora después de la puesta, cielo descubierto	13 000
Una hora después de la salida	3 500
Una hora antes de la puesta	3 500
Entre las 9 y las 11 hrs.	6 500
Entre las 15 y las 17:30 hrs.	6 500
Luz de mediodía, entre las 11 y 15 hrs.	5 000
Cielo cubierto (nublado)	8 000
Cielo azul	13 000
Sombra abierta	5 500

Notas:

¹Küppers, Harald, *Fundamentos de la teoría de los colores*, p. 11

²Gareis, Raimo, *Manual de fotografía en color*, p. 56

³Cetto, Ana María, *La luz en la naturaleza y en el laboratorio*, pp. 102-106

⁴Gerritsen, Frans, *Color*, p. 68

⁵Solis, Miguel (trad.), *op cit*, p. 303

⁶Brusatin, Manlio, *op cit*, p. 121

⁷El factor del filtro toma en cuenta la luz extra que requiere la exposición que compensa el color y densidad del filtro en relación a la película

⁸Reynolds, Clyde, *Los filtros: una guía para aficionados*, p. 248

⁹Raimo. Gareis, *op cit*, p. 68



5. Laboratorio - cuarto oscuro a color.

Un laboratorio a color es un lugar con características similares al laboratorio en blanco y negro, esto es, debe ser un sitio en el que se pueda obtener una oscuridad total y en donde existan tomas de electricidad para conectar la ampliadora, el reloj y la luz de seguridad y, de preferencia, agua corriente.

De la misma manera en que el laboratorio para trabajar en blanco y negro debe cubrir ciertos requisitos como el ser un lugar con suficiente ventilación, ésta es una condición todavía más necesaria y obligada en un laboratorio a color en el que los químicos son más tóxicos y que, además, desprenden olores demasiado penetrantes. En este sentido, existen varias formas de ventilación en las que siempre es importante contar con un extractor que continuamente esté sacando los vapores tóxicos y permitiendo la entrada de aire limpio. El laboratorio a color, además, se diferencia del de blanco y negro porque éste debe contar con un equipo especial para controlar de manera exacta cuestiones como la temperatura.

También, y al igual que en blanco y negro, al instalar un laboratorio lo mismo de tipo casero como profesional, es de suma importancia realizar una separación entre los procesos húmedos y los secos¹, siendo conveniente dividirlos en áreas, ya que de lo contrario, el trabajo puede resultar contaminado o pueden ocurrir accidentes con la electricidad o de otro tipo.

5.1 Área seca y su equipo

Como lo he mencionado, el equipo a color es en gran medida similar al equipo para procesar blanco y negro. El área seca es aquella en donde se encuentran los aparatos y equipo para exposición del papel (papel y negativos secos), en donde se manejan los carretes para revelar y en donde se realiza el acabado de las copias². Entre el equipo que se debe localizar en esta área se encuentran la ampliadora, timer o temporizador de la ampliadora, marginadora, prensa de contactos (que puede ser sustituida por un vidrio),

enfocador de grano, filtros, archiveros (de papel y de negativos), el papel fotosensible, tanques de revelado con sus carretes o espirales perfectamente secos y, además, en el caso de un laboratorio a color, es recomendable que la ampliadora cuente con un analizador de color³.

Por otro lado, es aconsejable que la ampliadora se encuentre a una distancia conveniente de la puerta y de la luz de seguridad, siendo indicado que esté a más de un metro de distancia de ellas.

5.2 Área húmeda y su equipo

El área húmeda es aquella en donde se procesan tanto la película como el papel, esto es, es el lugar en donde se utilizan el agua y los productos químicos.

Un laboratorio fotográfico debe contar, en su zona húmeda, con equipo tal como jarras, embudos, probetas, cubetas o charolas, termómetro, pinzas, guantes de goma, reloj para controlar el tiempo de cada proceso, agua corriente y todos los químicos de procesado, que deberán estar guardados y perfectamente cerrados en algún espacio específico, pero siempre en ésta área. En el caso de un laboratorio a color, es aconsejable que éste cuente, además, con un equipo de procesado de copias y una secadora de copias⁴.

Debido a que el papel a color es sensible a toda la gama del espectro, se recomienda procesarse en total oscuridad, aunque se puede utilizar la luz de seguridad antes mencionada, existiendo el inconveniente de que durante el procesado se debe tener un control preciso de la temperatura. Es por esto, que existe un equipo de procesado de copias que puede funcionar tanto para blanco y negro como para color, pero que principalmente es recomendable para este último.

El sistema de tambor asegura una exactitud en el procesado y permite trabajar a la luz blanca. Existen dos tipos de tambores, los manuales y los automáticos. Ambos son similares a los tanques de revelado pero más alargados, existiendo tamaños para

copias de hasta 30 x 40 cm.

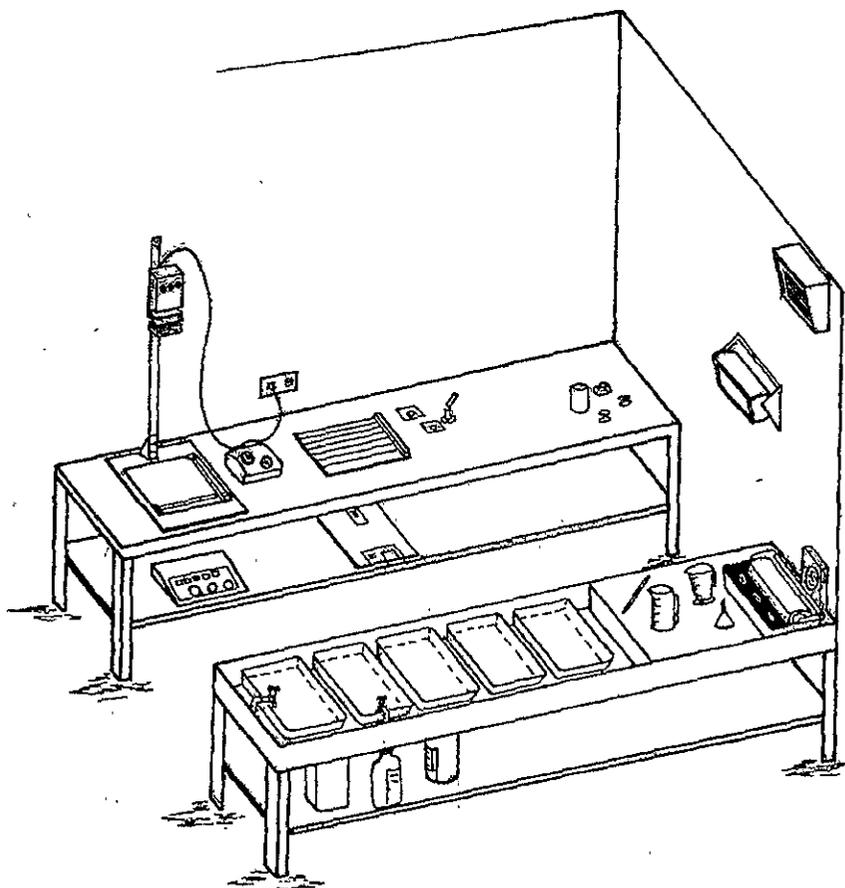
Los tambores deben ser calentados antes de iniciar el proceso, para evitar que los químicos se enfríen. Los manuales deben ser agitados rodando el tambor sobre una superficie plana, mientras que los automáticos cuentan con un motor que hace girar el tambor continuamente, siendo éstos mucho más exactos, ya que la velocidad de rotación es fija. Estos también cuentan con una camisa de agua calentada termostáticamente que garantiza la temperatura correcta⁵.

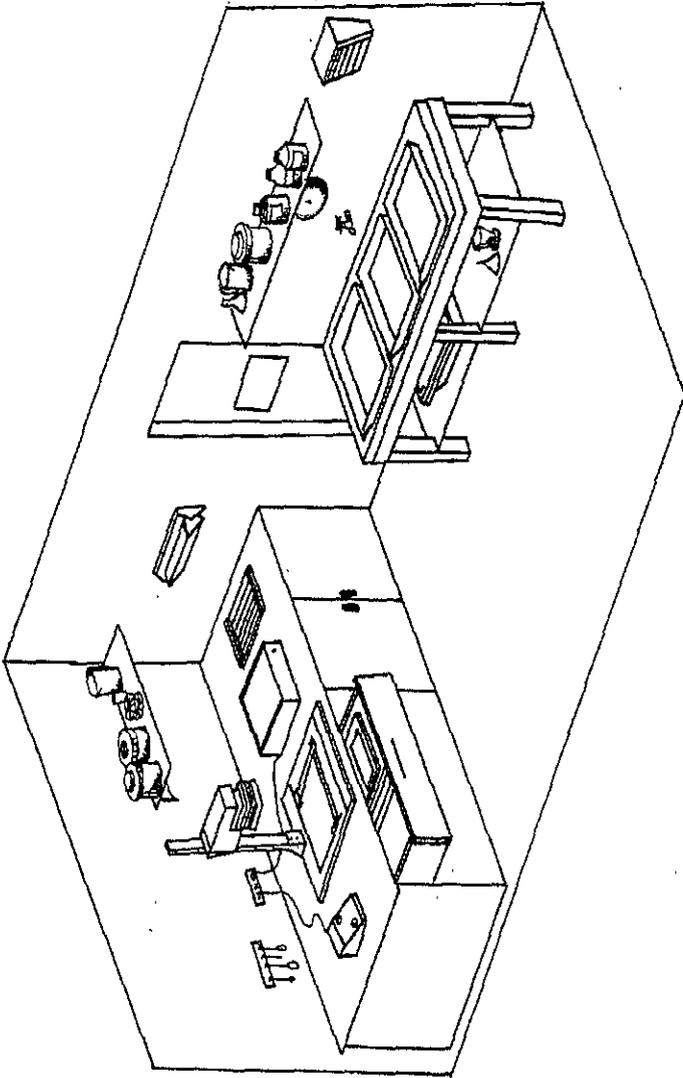
También es importante hacer notar que el termómetro fotográfico debe estar perfectamente graduado de modo que sea muy exacto, pues, como ya lo he dicho, en el procesado a color el control de la temperatura es fundamental.

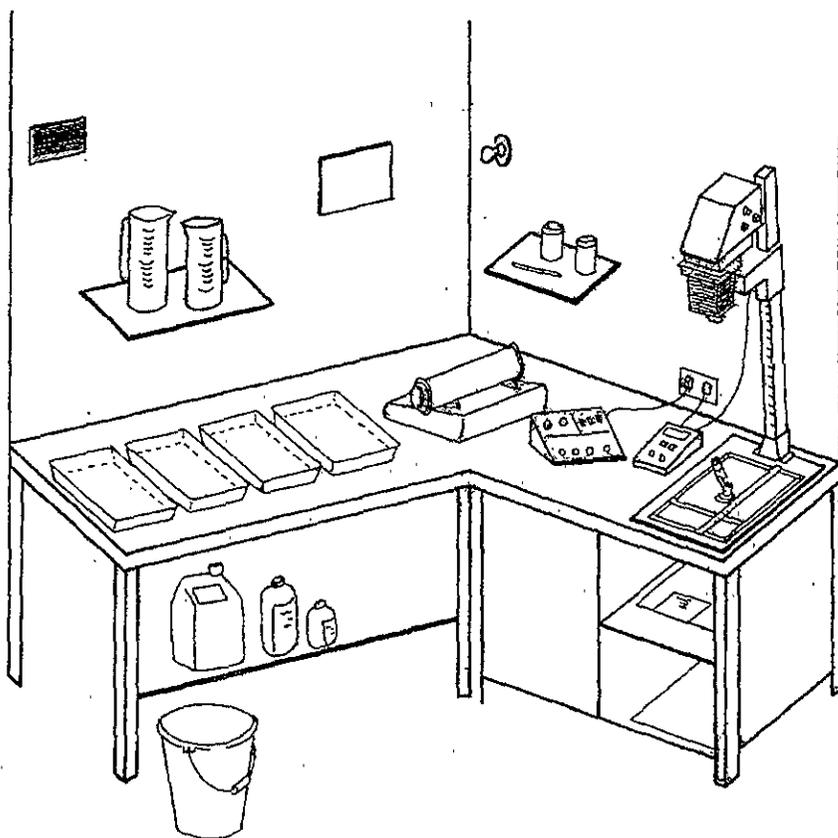
Como lo mencioné al inicio del capítulo, para la instalación de un laboratorio fotográfico se deben seguir algunas consideraciones y tomar en cuenta factores básicos del lugar como son la iluminación, ventilación, instalación eléctrica y agua. Como ya lo he dicho, en un laboratorio es posible prescindir del agua corriente, sustituyéndola por cubetas con agua, siempre y cuando el lavado correcto se lleve a cabo posteriormente.

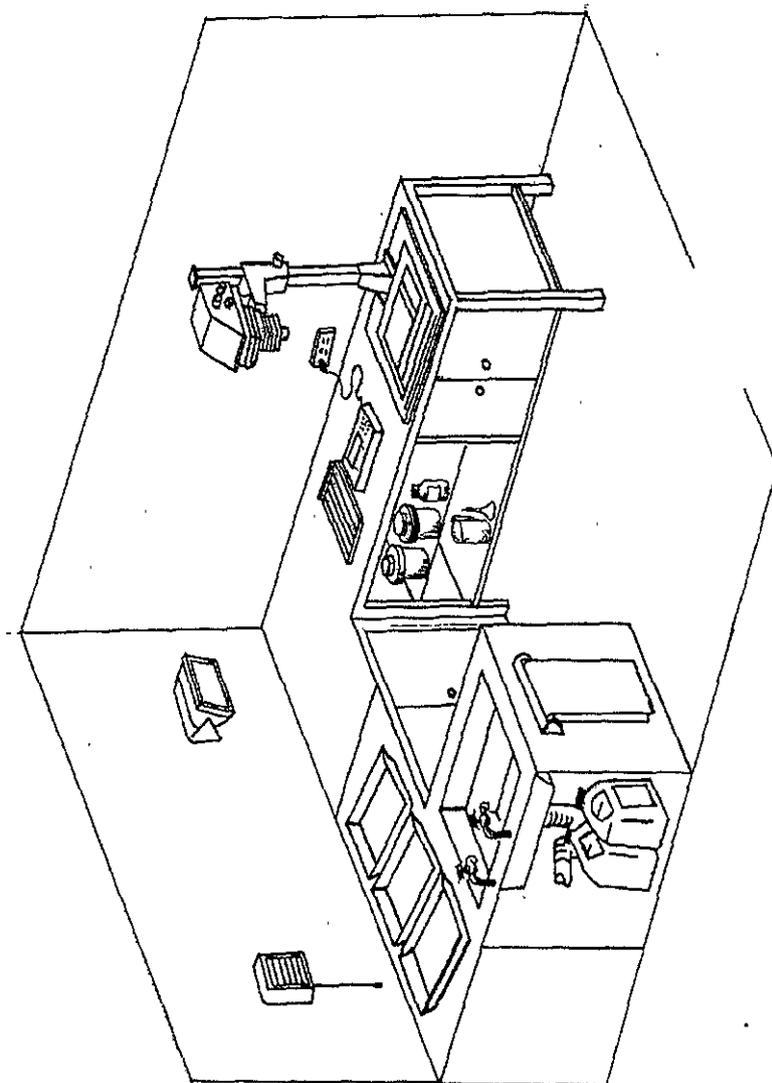
Los diseños de laboratorios son tan diversos como lo puede ser la imaginación de quien pretenda hacer una instalación de ese tipo. Por supuesto, el proyecto de instalación depende en gran medida del presupuesto y del espacio con el que se cuente, existiendo, por lo tanto, desde laboratorios caseros pequeños instalados en lugares insospechables, hasta laboratorios eminentemente profesionales. Otro factor fundamental del que dependerán los resultados, desde luego, consiste en el equipo y material que se tenga, que en algunos casos no forzosamente deberá ser el equipo que se vende comercialmente; así, por ejemplo, la prensa de contactos puede suplirse por un vidrio.

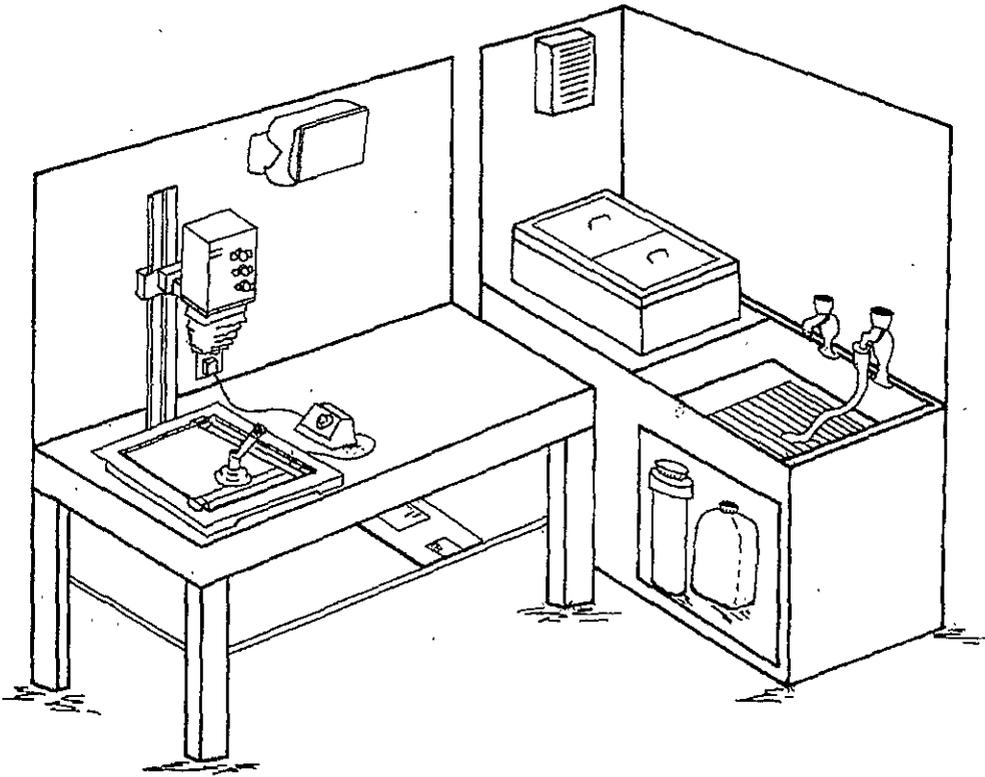
Aquí se muestran algunos diseños sencillos de laboratorios fotográficos, en los cuales lo más importante es mantener una separación entre los procesos húmedos y los secos para evitar contaminación y obtener resultados favorables.











Notas:

¹ Freeman, Michael, *Fotografía en 35 mm.*, p. 93

² Langford, Michael, *Manual del laboratorio fotográfico*, p. 48

³ Hedgecoe, John, *El nuevo libro de la fotografía*, p. 240

⁴ *ibid*

⁵ Langford, Michael, *op cit*, p. 45

6. Película y papel a color

6.1 Características de la película a color

El desarrollo de la industria de los materiales fotosensibles surgió a partir de la aparición de las placas secas o gelatinobromuros de Maddox hacia 1871, ya que éstos facilitaban los procesos y sobre todo, tenían la capacidad de ser almacenados, a diferencia de las placas húmedas al colidón, que debían imprimirse prácticamente después de ser preparadas porque perdían fotosensibilidad rápidamente.

Esta industrialización llegó a su cúspide y continúa hasta nuestros días, con el comienzo de la producción y distribución en grandes cantidades de materiales por parte de George Eastman, creador de la firma Kodak en 1888.

Aún las primeras placas secas utilizaban como material fotosensible los haluros de plata y la gelatina como compuesto emulsionante. De este modo, los haluros de plata quedan en suspensión de la gelatina; ésta, permite que los haluros queden perfectamente depositados sobre la base y, al mismo tiempo, aumenta la sensibilidad.

Anteriormente el soporte más utilizado para los negativos (después de la etapa de los calotipos de papel encerado), eran las placas de cristal, sustituidas actualmente por triacetato de celulosa, poliestireno o poliéster¹.

Pero también, las emulsiones tienen otros componentes, como un tipo de colorantes llamados sensibilizadores ópticos, siendo los más usados en la actualidad las cianinas. La incorporación o no de estos sensibilizadores hace que las películas sean pancromáticas, es decir, sensibles a todos los colores del espectro, u orthocromáticas, esto es, sensibles a determinados colores del espectro².

En cuanto a las películas a color, actualmente la mayoría de ellas llevan tres capas sumamente delgadas sensibles a la luz. Cada una de ellas es sensible a uno de los colores primarios del espectro, siendo que la capa superior registra las zonas azules de

la imagen, la capa intermedia registra los verdes y, la capa inferior, las porciones rojas.

6.1.1 Positivo

La película positiva en color o también llamada reversible es aquella que al ser revelada produce una transparencia en color, esto es, una imagen positiva que comúnmente se puede ver por medio de aparatos de aumento, visores o proyectores.

En cuanto a sus cualidades, una de las principales radica en que las transparencias a color tienen una mayor capacidad para reproducir con plenitud los colores gracias a que su escala de intensidades es total o casi total.

Debido a que las condiciones de iluminación son determinantes en la toma fotográfica, los fabricantes han creado películas para los diferentes tipos de iluminación, dividiéndolas en luz natural o de día y luz artificial de tungsteno. De este modo, las películas en sí mismas traen un equilibrio en el color y en el contraste.

Al decidir usar una determinada película, sea en transparencia o en negativo, se deben tomar en cuenta diversas consideraciones. En primer lugar se debe considerar el ISO que se va a usar, ya que éste determina la sensibilidad de la película, el tipo de grano y el contraste. Por otro lado también deben ser consideradas las tendencias de determinada película hacia algún tono y la saturación del color, aunque esto también puede ser alterado mediante la iluminación y el revelado.

6.1.2 Negativo.

Las películas negativas a color son aquellas que al ser reveladas, producen un negativo a color que reproduce la imagen negativa del sujeto fotografiado en sus colores complementarios, esto es, que los azules aparecen amarillos, los verdes, violetas y, los rojos, cian.

El uso principal del negativo es la producción de copias en color sobre papel. La calidad de estas copias no suele ser tan buena como la de un negativo de transparencias, ya que puede reproducir tan sólo las 4/5 partes de la luz que incide en ella, de modo que su escala de intensidades no se logra al 100%. A pesar del menor brillo de la copia, el ojo humano difícilmente lo percibe, ya que tiene una gran capacidad de adaptación.

Al igual que con las transparencias, al adquirir una película a color se deben tomar en cuenta cuestiones como el ISO, el balance de color, formato y contraste. El contraste es subjetivo, ya que puede ser manipulado durante el revelado.

6.2 Características del papel a color.

La mayor parte de los papeles utilizados en fotografía se caracterizan por formar una imagen latente que se vuelve visible en el momento en el que se le somete al proceso de revelado. Estos se diferencian por tres características básicas:

1. Clase de emulsión, ya sea de cloruro, bromuro, clorobromuro, etc.
2. Variación del contraste, ya sea suave, normal o duro.
3. Propiedades físicas, es decir, el grosor, acabado de la superficie, color, etc.

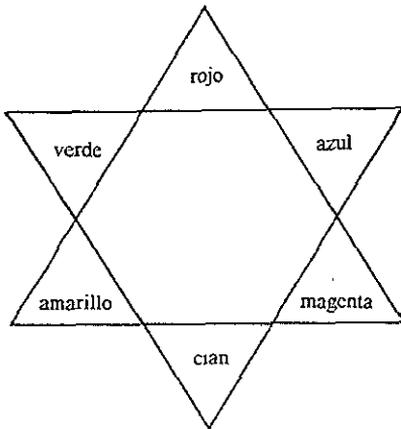
Por lo general, la capa sensible de los papeles para revelado está constituida de una emulsión de gelatina que contiene cloruro de plata, bromuro de plata o una combinación de los dos.

Los papeles a color parten siempre del principio de la sustracción de los colores y están compuestos de tres capas sensibles a la luz, correspondientes a cada uno de los colores primarios, esto es, azul, verde y rojo, respectivamente. Estas capas, sin embargo, contienen acopladores de los colores complementarios. Así, cuando se revela este papel, la capa sensible al azul, produce una imagen amarilla; la sensible al verde, produce una imagen magenta y, la sensible al rojo, produce una imagen cian. Estas tres capas registran los componentes de color de la imagen negativa e invierten los valores de la tonalidad y

del color de ésta última. En lo que respecta al equilibrio de color, éste puede ser controlado y manipulado por medio de filtros³.

Por su parte, los papeles inversibles a color, es decir, aquellos que se trabajan de positivo a positivo (por medio de transparencias), tienen una estructura muy parecida al positivo en color y la imagen se forma de la misma manera que en el caso de la película inversible a color. Estos papeles, para ser revelados, necesitan un procesamiento inversible.

Para realizar una impresión fotográfica a color, es necesario conocer el siguiente esquema:



En esta estrella se pueden ver tanto los colores primarios de la luz, como los complementarios. Así, el color primario rojo tiene por complementario al cian, el verde tiene por complementario al magenta y, el azul tiene por complementario al amarillo. Este esquema es básico para quien maneja color.

Del mismo modo, hay que tomar en cuenta las siguientes relaciones:

- + rojo = - rojo + cian
- + magenta = - magenta + verde
- + azul = - azul + amarillo
- + cian = - cian + rojo
- + verde = - verde + magenta
- + amarillo = - amarillo + azul

y

- rojo = + rojo - cian
- magenta = + magenta - verde
- azul = + azul - amarillo
- cian = + cian - rojo
- verde = + verde - magenta
- amarillo = + amarillo - azul

En las dos tablas anteriores se da un ejemplo de lo que sucede si se tiene más (+) o menos (-) un color y que da como resultado o respuesta al aumento o disminución en porcentaje de color usado.

Quando se está utilizando un papel para hacer impresiones a color de negativos a color o internegativos, se pueden hacer los siguientes ajustes de filtros.

En caso de utilizar el método de exposición de luz blanca:

SI LA IMPRESIÓN ES	SUSTRAER ESTOS FILTROS	O	AGREGAR ESTOS FILTROS
CIAN	Magenta + Amarillo (Rojo)		Cian
MAGENTA	Cian + Amarillo (Verde)		Magenta
AMARILLA	Magenta + Cian (Azul)		Amarillo
ROJA	Cian		Magenta + Amarillo
VERDE	Magenta		Cian + Amarillo
AZUL	Amarillo		Cian + Magenta

En caso de utilizar el método de exposición tricolor:

SI LA IMPRESIÓN ES	SUSTRAER TIEMPO DE EXPOSICIÓN A TRAVÉS DE ESTOS FILTROS	O	AGREGAR TIEMPO DE EXPOSICIÓN A TRAVÉS DE ESTOS FILTROS
CIAN	Rojo		Azul + Verde
MAGENTA	Verde		Rojo + Azul
AMARILLA	Azul		Rojo + Verde
ROJA	Azul + Verde (Cian)		Rojo
VERDE	Azul + Rojo (Magenta)		Verde
AZUL	Rojo + Verde (Amarillo)		Azul

Cuando se está utilizando papel para hacer impresiones a color a partir de transparencias a color, se pueden hacer los siguientes ajustes de filtros:

SI EL BALANCE DE COLOR ES	SUSTRAER	O	AGREGAR
AMARILLO	Amarillo		Magenta + Cian
MAGENTA	Magenta		Amarillo + Cian
CIAN	Cian		Amarillo + Magenta
AZUL	Magenta + Cian		Amarillo
VERDE	Amarillo + Cian		Magenta
ROJO	Amarillo + Magenta		Cian

Hay que aclarar que, aunque en la teoría estas relaciones son las correctas, en la práctica, en la gran mayoría de los casos, no se utiliza el filtro de color cian. De esta manera, se trabaja con los filtros de colores equivalentes al cian, esto es, azul y verde.

NOTA: El filtro UV puede permanecer fijo en la ampliadora.

Aunque hasta aquí he descrito los métodos tradicionales para trabajar los materiales fotográficos a color, me parece importante destacar que con ellos no se detienen las infinitas posibilidades de manipulación.

Los procesos cruzados nos demuestran lo anterior, al permitir hacer combinaciones de procesos fotográficos tanto en blanco y negro como en color, como a través de mezclas entre ellos. Ejemplos de ellos son las posibilidades de utilización de químicos diversos en películas y papeles para los que no han sido diseñados originalmente, pero que pueden producir resultados interesantes, logrando con ello otro tipo de imágenes y al mismo tiempo, ampliar la gama de posibilidades técnicas.

Notas:

- ¹ Fontcuberta, Joan, *Fotografía: conceptos y procedimientos*, p. 42
- ² Dourgnon, Jean y Kowaliski, Paul, *La reproducción de los colores*, p. 78
- ³ Freeman, Michael, *Fotografía en 35 mm.*, p. 93



CONCLUSIONES

Como se ha podido constatar a lo largo de este trabajo, la práctica profesional de la fotografía requiere de algo más que la inspiración y conceptualización de una idea (aspecto que es definitivamente fundamental); me parece indiscutible que ésta necesita de un conocimiento previo de todo aquello que la constituye y ha enriquecido a lo largo de la historia como medio de expresión artística.

Esta ha sido, sin lugar a dudas, la principal enseñanza que me deja la realización de este escrito y que, definitivamente, influirá en mi trabajo personal; en el mismo sentido, espero que todo aquel que se interese en revisarlo encuentre en él un material que le resulte de utilidad.

Como parte de mi experiencia personal, debo decir que, durante el tiempo de realización de esta tesis y, como parte de una profundización en el vastísimo mundo de la fotografía, de modo permanente fui encontrando y consecuentemente valorando la real importancia de los conocimientos científicos y psicológicos y de la vinculación que algunos de ellos tienen directamente con el arte. Y, esta interrelación que se genera entre la ciencia, la tecnología y el arte es tal, que en no pocas ocasiones, conciente o inconscientemente, es determinante en los resultados finales de una obra plástica.

A esto se debe que, de alguna manera, considero que este trabajo trata de actuar como un parteaguas hacia la revaloración de la técnica, tan despreciada en nuestros días. A lo largo de esta investigación, he comprobado que la técnica es una de las herramientas más firmes que ayudan a dar un sustento sólido a la imagen fotográfica. Por ello, me parece imperativo el conocimiento adecuado de ésta pues, por un lado, creo que sólo aquel que conoce bien sus herramientas de trabajo, logra transmitir aquellas ideas que abstractamente se han generado en su mente; por el otro lado, pienso firmemente que a partir del entendimiento de su manejo, el artista tiene ya las bases para, en adelante, poder hacer otro tipo de manipulaciones.

A todo lo anterior se debe que los primeros cuatro capítulos de este trabajo

estén dedicados básicamente a la teoría y la técnica. Los tres restantes, han sido dedicados a los materiales para realizar imágenes a color que actualmente existen en el mercado. De este modo, he procurado hacer un escrito que logre un balance entre un material evidentemente de consulta histórica y teórica de la fotografía, como uno que permita al lector conocer las diferencias entre distintas marcas y características de materiales, con la intención de que logre hacer la mejor elección de acuerdo a sus intereses particulares.

Sólo me resta desear, que de manera efectiva, este trabajo responda a la expectativas de cada una de las personas interesadas en consultarlo.

APÉNDICE

Este apéndice ha sido dedicado a la presentación de una lista de materiales fotográficos, específicamente papeles y películas a color, que existen en la actualidad en el mercado.

Películas en transparencia a color

NOMBRE	ISO	ILUMINACION	TENDENCIA DE COLOR TONO	SATURACION	FORMATOS
Kodachrome 25 Professional (PKM)	25	Luz de día	Neutral	Elevada	135
Kodachrome 25 (KM)	25	Luz de día	Neutral	Elevada	135
Polaroid Professional de Alto Contraste Polachrome (HCP)	40	Luz de día	Neutral	Correcta	135
Polaroid Professional Polachrome (CS)	40	Luz de día	Neutral	Correcta	135
Kodak Ektachrome Elite II 50 (EA)	50	Luz de día	Neutral	Elevada	135
Fujichrome Velvia 50 Professional (RVP)	50	Luz de día	Cálido	Elevada	135, 120, 22, hoja
Agfachrome RSX 50 Professional (RSX50)	50	Luz de día	Neutral	Correcta	135, 120, hoja

Apéndice

Kodak Ektachrome 64 T Professional (EPY)	64	Tungsteno	Neutral	Correcta	135, 120, hoja
K o d a k Ektachrome 64 Professional (EPR)	64	Luz de día	Neutral	Elevada	135, 120, 220, hoja
Kodachrome 64 Professional (PKR)	64	Luz de día	Neutral	Elevada	135
Kodachrome 64 (KR)	64	Luz de día	Neutral	Elevada	135
Fujichrome 64 Professional Tungsten (RTP)	64	Tungsteno	Neutral	Correcta	135, 120, hoja
K o d a k Ektachrome Professional E100S (E100S)	100	Luz de día	Neutral	Elevada	135, 120, hoja
K o d a k Ektachrome Professional E100VS*	100	Luz de día	Neutral	Elevada	135
K o d a k Ektachrome Professional E 1 0 0 S W (E100SW)	100	Luz de día	Cálido	Elevada	135, 120, hoja
K o d a k Ektachrome Elite II 100 (EB)	100	Luz de día	Neutral	Elevada	135

Apéndice

K o d a k Ektachrome 100 Professional (EPN)	100	Luz de día	Neutral	Correcta	135, 120, 220, hoja
Kodak 100 Plus Professional (EPP)	100	Luz de día	Neutral	Elevada	135, 120, 220, hoja
Fujichrome Astia 100 Professional (RAP)	100	Luz de día	Neutral	Correcta	135, 120, 220, hoja
Fujichrome Sensia 100 (RD)	100	Luz de día	Neutral	Correcta	135
Fujichrome Provia 100 Professional (RDPII)	100	Luz de día	Neutral	Elevada	135, 120, 220, hoja
Agfachrome RSX 100 Professional (RSX100)	100	Luz de día	Neutral	Correcta	135, 120, hoja
K o d a k Ektachrome 160T Professional (EPT)	160	Tungsteno	Neutral	Elevada	135, 120
K o d a k Ektachrome 160T (ET)	160	Tungsteno	Neutral	Correcta	135
K o d a k Ektachrome Elite 200 (ED)	200	Luz de día	Neutral	Elevada	135
K o d a k Ektachrome 200 Professional (EPD)	200	Luz de día	Neutral	Elevada	135, 120, 220, hoja

Kodak Ektachrome Professional Infrarroja (EIR)	200	Luz de día	Falso Infrarrojo	Elevada	135
Kodachrome 200 Professional (PKL)	200	Luz de día	Neutral	Elevada	135
Kodachrome 200 (KL)	200	Luz de día	Neutral	Elevada	135
Fujichrome Sensia 200 (RM)	200	Luz de día	Neutral	Correcta	135
Agfachrome RSX 200 Professional (RSX200)	200	Luz de día	Neutral	Correcta	135, 120
Kodak Ektachrome 320T Professional (EPJ)	320	Tungsteno	Neutral	Elevada	135
Kodak Ektachrome Elite II 400 (EL)	400	Luz de día	Neutral	Elevada	135
Kodak Ektachrome 400X Professional (EPL)	400	Luz de día	Cálido	Elevada	135, 120
Fujichrome Sensia 400 (RH)	400	Luz de día	Neutral	Correcta	135
Fujichrome Provia 400 Professional (RHP)	400	Luz de día	Neutral	Correcta	135, 120

Kodak Ektachrome P1600 Professional (EPH)	1600	Luz de día	Neutral	Correcta	135
Fujichrome Provia 1600 Professional (RSP)	1600	Luz de día	Neutral	Correcta	135

* Película próxima a salir al mercado.

No obstante las generalidades mostradas en la lista anterior, cada una de las películas puede dar resultados distintos. Aquí se presenta una breve descripción de cada una de ellas y las posibilidades que tienen en cuanto a resultados:

Películas en transparencia de la marca Kodak:

1. Kodachrome 25 Professional (PKM, ISO 25, luz de día). Película profesional de baja velocidad con una fidelidad de color elevada y un muy alto poder de resolución y saturación.
2. Kodachrome 25 (KM, ISO 25, luz de día). Película de baja velocidad constituida por una estructura de la imagen de granos casi invisibles y con excelente reproducción de color.
3. Kodak Ektachrome Elite II 50 (EA, ISO 50, luz de día). Película de baja velocidad, con alta saturación de color y poder de resolución. Las películas Elite II poseen una máxima saturación de color, gran nitidez y están diseñadas para imágenes con definición absoluta y gran contraste.
4. Kodak Ektachrome 64 Professional (EPR, ISO 64, luz de día). Película de uso profesional en general, de velocidad media.

5. Kodachrome 64 Professional (PKR, ISO 64, luz de día). Película profesional de velocidad media para usos generales.
 6. Kodachrome 64 (KR, ISO 64, luz de día). Película de velocidad media para usos generales.
 7. Kodak Ektachrome Professional E100S (E100S, ISO 100, luz de día). Es la más reciente película en transparencia de Kodak. Fácil de usar con flash o luz de sol brillante. No requiere efectos de exposiciones múltiples con flash. Esta película ofrece una alta saturación de color, con un grano consistentemente fino y muy alta definición. Posee mayor margen de captura de luz azul espectral. Colores limpios, vibrantes y extraordinarios tonos de piel. Características excelentes de forzado en el proceso.
 8. Kodak Ektachrome Professional E100VS (E100VS, ISO 100, luz de día). Esta película aparecerá en el mercado próximamente. Sus características son mayor velocidad, colores intensos y saturados a velocidad real de ISO 100. Película de luz de día, balanceada para fotografías tanto de estudio como en locación. Además de colores intensos tiene la mejor nitidez disponible en cualquiera de las películas profesionales de transparencias a color con ISO 100. Mantiene la escala neutra de grises. Para trabajar con el proceso E-6. Versátil con grandes características de reciprocidad; no requiere compensación para exposiciones de entre 1/10 000 seg. hasta 10 seg. Puede trabajar en proceso forzado en un diafragma, ampliando su capacidad para la toma de fotos bajo la iluminación existente.
 9. Kodak Ektachrome Professional E100SW (E100SW, ISO 100, luz de día). Esta película produce un balance tonal cálido saturado (menor al de las películas Kodak "X"). Fácil de usar con flash y con cielo nublado o luz solar brillante. Colores vibrantes con amplia variedad de condiciones de iluminación. Grano consistentemente compacto y muy alta definición. Mayor margen de captura de luz azul. Características mejoradas de forzado y excelentes en el proceso. Colores ricos y limpios.
 10. Kodak Ektachrome Elite II 100 (EB, ISO 100, luz de día). Película de velocidad moderada, con incremento de saturación de color y alto poder de resolución.
 11. Kodak Ektachrome 100 Professional (EPN, ISO 100, luz de día). Película profesional
-

de velocidad moderada, especialmente para luz de día.

12. Kodak Ektachrome 100 Plus Professional (EPP, ISO 100, luz de día). Película profesional de velocidad moderada, ofrece alta saturación de color y excelente neutralidad.
13. Kodak Ektachrome Elite II 200 (ED, ISO 200, luz de día). Película de alta velocidad con grano fino y limpieza en la separación de color.
14. Kodak Ektachrome 200 Professional (EPD, ISO 200, luz de día). Película de alta velocidad, con excelentes características de grano y buena saturación de color.
15. Kodachrome 200 Professional (PKL, ISO 200, luz de día). Película de alta velocidad, ofrece un grano fino y alto poder de resolución.
16. Kodachrome 200 . (KL, ISO 200, luz de día). Película de alta velocidad, ofrece un grano fino y nitidez.
17. Kodak Ektachrome Elite II 400 (EL, ISO 400, luz de día). Película de alta velocidad recomendable para sujetos que requieren mucha profundidad de campo (cerrando el diafragma) y velocidades rápidas.
18. Kodak Ektachrome 400X Professional (EPL, ISO 400, luz de día). Película profesional de alta velocidad, ofrece un tono cálido con excelente saturación de color y blancos limpios.
19. Kodak Ektachrome P1600 Professional (EPH, ISO 1600, luz de día). Película profesional de alta velocidad, luz de día balanceada. El balance de color se optimiza para una eficiente velocidad de ISO 1600 forzando la película dos pasos.
20. Kodak Ektachrome 64T Professional (EPY, ISO 64, 3200°K) Película profesional de velocidad media, con balance de tungsteno "B", para usos generales.
21. Kodak Ektachrome 160T Professional (EPT , ISO 160, 3200°K). Película profesional de alta velocidad, con balance de tungsteno "B", para usos generales.

22. Kodak Ektachrome 160T (ET, ISO 160, 3200°K). Película de alta velocidad, con balance de tungsteno "B" para usos generales.

Películas en transparencia de la marca Fuji:

1. Fujichrome Velvia 50 Professional (RVP, ISO 50, luz de día). Película de baja velocidad, conocida por su viveza en la reproducción de los colores y profundidad de tono, tiene una estructura de grano ultra-fino y una excelente nitidez. Reproduce hermosos tonos de piel, con un correcto balance de gris. La emulsión de grano fino permite forzar la película de +1 a -1/2. Con las películas Velvia se logra una textura fina y suave, produce imágenes extremadamente nitidas con una brillante reproducción de color y gran profundidad de tono. Captura naturalmente los tonos de la piel mejorando los grises neutros y las sombras profundas y oscuras.

2. Fujichrome Astia 100 Professional (RAP, ISO 100, luz de día). Esta película profesional ha fijado nuevos estándares en la reproducción de los tonos de piel, con gran fidelidad del color y una alta luminosidad en el contraste. Tiene flexibilidad para ser forzada y una excelente compatibilidad con múltiples técnicas de exposición.

3. Fujichrome Sensia 100 (RD, ISO 100, luz de día). Esta película produce imágenes de gran profundidad dimensional, un resultado del suave rango tonal, saturación y su capacidad para obtener detalle desde las sombras hasta las luces altas.

4. Fujichrome Provia 100 Professional (RDPII, ISO 100, luz de día). Película profesional que reproduce colores vibrantes, con excelente detalle en las sombras y ricos tonos de piel. Exposiciones a gran distancia producen un contraste sutil, más suave que el de la gradación tonal. Elaborada con mayor uniformidad de las partículas y distribución más uniforme de las mismas para aumentar la sensibilidad y maximizar la claridad durante la exposición, generando una estructura interna más estable, asegurando una formación más concentrada de la imagen latente. Imágenes más nítidas.

5. Fujichrome Sensia 200 (RM, ISO 200, luz de día). Película de alta velocidad con excelente saturación y detalle de la imagen en luz moderada.

6. Fujichrome Sensia 400 (RH, ISO 400, luz de día). Película de alta velocidad que reproduce los colores naturales y tiene buen detalle aún en situaciones de baja luz. Tiene buenas características de reciprocidad y es apropiada para luz artificial.

7. Fujichrome Provia 400 Professional (RHP, ISO 400, luz de día). Película de alta velocidad que logra un color correcto, conserva buenos detalles desde las altas luces hasta las sombras. Excelente nitidez.

8. Fujichrome Provia 1600 Professional (RSP, ISO 1600, luz de día). Película extremadamente rápida que ofrece colores naturales y buen balance de grises entre las luces altas y las sombras. Ideal para deportes de acción con uso de diafragmas cerrados que requieren profundidad de campo, fotoperiodismo y situaciones críticas de luz.

9. Fujichrome 64 Professional Tungsten (RTP, ISO 64, 3100°K). Película diseñada para uso por debajo de la luz de tungsteno. Reproduce extremadamente detalles finos y colores vivos, con excelente balance de gris. Posee un grano fino y amplias características de reciprocidad.

Películas en transparencia de la marca Agfa:

Las películas RSX para luz de día producen excelente nitidez, son de grano reducido y mejoran la reproducción de color. Son películas de diferentes sensibilidades como la Agfachrome RSX50 Professional (ISO 50) o la Agfachrome RSX200 Professional (ISO 200).

Películas en transparencia Polaroid:

1. Polaroid Professional High Contrast Polachrome (HCP, ISO 40, luz de día). Puede ser usada en cualquier cámara de 35 mm. Es una película de alto contraste y requiere 2 minutos de tiempo de revelado. Cartucho de 12 exposiciones.

2. Polaroid Professional Polachrome (CS, ISO 40, luz de día). Puede ser usada en cualquier

cámara de 35 mm. Película de contraste medio que requiere 60 segundos de tiempo de revelado. Cartuchos de 12 y 36 exposiciones.

Películas negativas a color

NOMBRE	ISO	LUZ DE DÍA/ TUNGSTENO	CONTRASTE	FORMATOS
Kodak Ektar 25 Professional (PHR)	25	Luz de día	Alto	135, 120
Kodak Royal Gold 25 (RZ)	25	Luz de día	Alto	135
Agfa Triade Ultra 50 Professional (Ultra)	100	Luz de día	Alto	135, 120
Kodak Pro 100T (PRT)	100	Luz de día	Alto	120
Kodak Pro 100 (PRN)	100	Luz de día	Alto	135, 120, 220, hoja
Kodak Royal Gold 100 (RA)	100	Luz de día	Alto	135
Kodak Gold 100 (GA)	100	Luz de día	Alto	135
Kodak Ektapress Plus 100 Professional (PJA)	100	Luz de día	Alto	135
Fujicolor Super G 100 (CN)	100	Luz de día	Normal	135, 120
Fujicolor Reala 100 (CS)	100	Luz de día	Alto	135

Apéndice

Agfa Triade Optima 100 Professional (Optima)	100	Luz de día	Normal	135, 120
Kodak Ektacolor Pro 160 (GPX)	160	Luz de día	Normal	135
Kodak Vericolor III Professional Type S (VPS)	160	Luz de día	Normal	135, 120, 220
Fujicolor NPS 160 Professional (NPS)	160	Luz de día	Bajo	135, 120, 220
Fujicolor NPL 160 Professional (NPL)	160	Tungsteno	Bajo	120
Agfa Triade Portrait 160 Professional (Portrait)	160	Luz de día	Bajo	135, 120, 220
Kodak Royal Gold 200 (RB)	200	Luz de día	Alto	135
Kodak Gold 200 (GB)	200	Luz de día	Alto	135
Fujicolor Super G 200 (CA)	200	Luz de día	Normal	135
Agfa Triade Optima 200 Professional (Optima)	200	Luz de día	Normal	135, 120
Kodak Pro 400 MC (PMC)	400	Luz de día	Normal	135, 120, 220
Kodak Pro 400 (PPF)	400	Luz de día	Alto	135, 120, 220
Kodak Royal Gold 400 (RC)	400	Luz de día	Alto	135
Kodak Gold 400 (GC)	400	Luz de día	Normal	135

Apéndice

Fujicolor NHG 400 Professional (NHG)	400	Luz de día	Alto	135, 120, 220
Fujicolor NHP 400 Professional (NHP)	400	Luz de día	Normal	135, 120, 220
Fujicolor Super G 400 (CH)	400	Luz de día	Normal	135
Agfa Triade Optima 400 Professional (Optima)	400	Luz de día	Normal	135, 120, 220
Kodak Ektapress Multispeed Professional (PJM)	640	Luz de día	Normal	135
Kodak Gold Max (GT)	800	Luz de día	Normal	135
Kodak Gold Zoom 800	800	Luz de día	Normal	135
Fujicolor Super G 800 (CZ)	800	Luz de día	Normal	135
Kodak Royal Gold 1000 (RF)	1000	Luz de día	Alto	135
Kodak Pro 1000 (PMZ)	1000	Luz de día	Normal	135, 120, 220
Kodak Ektapress Plus 1600 Professional (PJC)	1600	Luz de día	Normal	135
Fujicolor Super G 1600 (CU)	1600	Luz de día	Normal	135

Las películas negativas, de la misma manera que las de transparencia, tienen características propias que permiten tener resultados distintos, aunque compartan entre sí algunas otras como ISO, tipo de luz para la que han sido diseñadas y contraste.

A continuación describiré más extensamente las características particulares de cada película negativa.

Películas de la marca Kodak

1. Pro Ektar 25 Professional (PHR, ISO 25, luz de día). Película de baja velocidad, profesional con grano micro-fino y alto poder de resolución.
 2. Kodak Pro 100T (PRT, ISO 100, tungsteno). Reemplaza la película Vericolor II Pro, Tipo L/VPL. Ofrece una función de reciprocidad y de estructura de imagen renovada. Balance de tungsteno con excelentes características de reciprocidad para exposiciones de 1/1000 a 120 segundos. Permite ampliaciones grandes.
 3. Kodak Pro 100 (PRN, ISO 100, luz de día). Mayor contraste que la película VPS, posee buena reproducción de los tonos de piel con grano extremadamente fino y alta nitidez.
 4. Kodak Ektacolor Pro 160 (GPX, ISO 160, luz de día). Película de alta velocidad, ideal para acciones legales, ya que ofrece fotografías garantizadas.
 5. Kodak Vericolor III Professional Type S (VPS, ISO 160, luz de día). Película de medio rápido, ideal con exposiciones de 1/10 segundos o menores.
 6. Kodak Pro 400 MC (PMC, ISO 400, luz de día). Película rápida de contraste moderado. Estructura del grano mejorada y mayor nitidez que su antecesora, la película VPH.
 7. Kodak Pro 400 (PPF, ISO 400, luz de día). Película rápida de mayor contraste, con grano fino y amplia libertad de exposición. Propia para fotografías de retrato, bodas, comercial, industrial y de deportes.
-

8. Kodak Pro 1000 (PMZ , ISO 1000, luz de día). Película rápida, perfecta para bodas y retratos. Proporciona excelente color y calidad de la imagen por su velocidad. Buena capacidad para luz combinada.

9. Kodak Royal Gold. Películas para luz de día con excelente nitidez y rica saturación de color. El grano más fino en cualquier velocidad. ISO 25, 100, 200, 400, 1000. Excelentes para fotos en días soleados.

10. Kodak Gold.

GA: Película de velocidad media (ISO 100), que posee las más recientes innovaciones para dar riqueza en las imágenes con grano fino.

GB: Película rápida (ISO 200), con mucha precisión de color, grano fino y razonable velocidad de la emulsión.

GC: Película rápida (ISO 400), con excelente balance de grano, contraste y nitidez.

GT Max: Película de muy alta velocidad (ISO 800), autoajutable en cualquier situación.

11. Kodak Gold Zoom 800. Película de recién aparición. Ofrece la mejor combinación, saturación, exactitud y definición de color en una velocidad 800 fabricada en una película negativa a color. La consistencia del color es superior sobre exposiciones subexpuestas y sobreexpuestas. Mantiene excelentemente las características de la imagen latente. Para exposiciones con luz de día o flash electrónico. Especialmente recomendada para cámaras con lente zoom o tomas de acción rápida, baja iluminación o condiciones similares en donde se necesite una película de alta velocidad y alta calidad de imagen.

11. Kodak Ektapress Plus Professional.

PJA: Película de velocidad media (ISO 100), gran nitidez, grano fino, utilizable en un ancho rango de condiciones de iluminación.

PJM: Película excelente para usos generales con capacidad de velocidad múltiple (ISO 640). Ideal para situaciones con luz cambiante.

PJC: Película de velocidad ultra rápida, nitidez media con grano fino.

Películas de la marca Fujifilm

1. Fujicolor Super G 100 (CN, ISO 100, luz de día). Película de velocidad media que

proporciona excelente reproducción de color con grano fino.

2. Fujicolor Reala 100 (CS, ISO 100, luz de día). Película diferente a cualquier otro tipo de ellas, está elaborada con una sensibilidad tendiente al cian con un cuarto color para proporcionar colores extremadamente exactos y ricos.

3. Fujicolor Professional 160 (NPS, ISO 160, luz de día). Película rápida, óptima para exposiciones de 1/15 segundos y menos. Recomendada para retratos y trabajo comercial que requieren alta calidad de impresión.

4. Fujicolor Professional 160 (NPL, ISO 160, tungsteno 3200°K). Película especialmente formulada para largas exposiciones de 1/30 a 1 segundo). Proporciona un rango tonal completo con alta nitidez. Ideal para retrato y fotografía comercial.

5. Fujicolor Super G 200 (CA, ISO 200, luz de día). Película rápida, que proporciona imágenes con excelente nitidez y riqueza de color.

6. Fujicolor NPH 400 Professional (NPH, ISO 400, luz de día). Película rápida, especialmente recomendada para bodas y retratos. Proporciona tonos de piel naturales y suaves, con menor ligereza de contraste y saturación de color que la película NHG. Su velocidad ofrece una libertad excepcional. Tiene el mismo grano fino y balance de color que la película NPS.

7. Fujicolor NHG 400 Professional (NHG, ISO 400, luz de día). Esta película de velocidad rápida tiene un grano y nitidez similar al de las películas de ISO 100. Reproduce confiablemente el color y los tonos de piel, permitiendo moderar el contraste y proporcionando una amplia libertad de exposición.

8. Fujicolor Super G 400 (CH, ISO 400, luz de día). Esta película rápida permite buen balance de color y nitidez en la imagen, aún en objetos pobremente iluminados.

9. Fujicolor Super G 800 (CZ, ISO 800, luz de día). Película de muy alta velocidad con buen balance de color. Formulada especialmente para reporteros profesionales. Produce excelentes resultados desde condiciones de luz solar intensa hasta sombras profundas.

10. Fujicolor Super HG 1600 (CU, ISO 1600, luz de día). Esta película de velocidad ultra rápida es ideal para detener acciones en deportes rápidos, o para fotografías de interiores con luz baja.

Películas en negativo de la marca Agfa:

De la marca Agfa existen tres tipos de película, Ultra, Optima y Retrato (Portrait), que permiten elegir los grados de saturación de color que se deseen. Las películas Agfacolor se distinguen por la saturación natural de los colores. Este material reproduce los colores exactamente como resultado de una sensibilización espectral mejorada; los colores son como deben ser. Una sensibilización al rojo más estrecha hace posible una reproducción más pura de los tonos verdes. Posee un grano extremadamente fino de modo que incluso en ampliaciones de gran tamaño mantiene el detalle con absoluta nitidez. Es ideal para uso universal.

La película Ultra posee el mayor nivel de saturación y contraste dando colores dramáticos. Optima produce niveles de color natural con un grano muy fino haciéndola una película para todos los usos en tres velocidades. La película Retrato (Portrait) está diseñada especialmente para retratos y bodas o en donde la suavidad y la mayor producción de pastel es apropiado. Compatible con el proceso de Kodak C-41.

Película a color Polaroid:

1. Polacolor Type 64T (3200°K). Película con balance de tungsteno. Tiempo de revelado 90 segundos.
 2. Polacolor ER Tipos 59/559/669/809. Película de luz de día con un extenso rango de control para las escenas de alto contraste. Tiempo de revelado 60 segundos.
 3. Polacolor Pro 100. Película de luz de día con fidelidad de color sin exageraciones e incremento de la nitidez.
 4. Professional Integral Tipo 339. Película con auto-revelado de formato 4x3" para
-

documentación de imágenes por computadora.

Papeles fotográficos a color

Papeles de la marca Kodak:

PAPALES EKTACOLOR RA.

Papeles profesionales compatibles con los químicos Kodak Ektacolor RA. Existen en tres tipos diferentes: Portra, Supra y Ultra.

1. Kodak Professional Portra III. Papel rápido, multicapas con base de resina, hecho para impresiones de color a partir de negativos a color o internegativos. Optimo para retrato y trabajos de bodas. Diseñado para impresiones con impresoras automáticas o ampliadoras. Se encuentra disponible en hojas y rollos en superficies brillante o luster (E), semi-brillante o glossy (F) y semi-mate (N). Reemplaza al papel Kodak Ektacolor Portra III.

Para revelar este papel se deben usar químicos Kodak Ektacolor RA para Proceso RA-4.

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
Mejor reproducción de color	Mayor riqueza en los rojos, verdes y magentas. Más brillo en los azules y cian. Amarillos más saturados.
Mejor reproducción de luminosidad	Reproducción más real de las escenas.
Tiempos de revelado mejorados	Blancos más puros
Mejor detalle en la sombra	Mayor rendimiento en el detalle de las sombras
Excelente mantenimiento de la imagen latente (de 1 minuto a 24 horas)	Consistencia mejorada en el laboratorio

Reciprocidad mejorada	Adaptación más fácil entre los formatos de las impresiones Se puede bloquear y quemar más fácil
Sensibilidad del calor reducida	Sensibilidad al calor gratamente reducida debida a los cambios de temperatura del laboratorio
Mejor adaptación entre la película, analizador de video, papel y respuesta espectral a la impresora	Compatibilidad de impresión mejorada y calidad de imagen entre las películas Kodak Professional
Eliminación de velo	Impresiones más duraderas bajo condiciones de luz casera normal
Eliminación del tono amarillento por el calor	Impresiones más duraderas bajo condiciones de almacenaje normal

Recomendaciones:

- De preferencia, manejar el papel en total oscuridad
- El uso de una luz de seguridad puede afectar los resultados. Si se trata de algo absolutamente necesario, se puede usar una luz de seguridad equipada con un filtro ámbar de luz de seguridad Kodak 13 con una lámpara de 7 1/2 vatios. Mantener la luz de seguridad a 1.2 metros del papel.
- Exponer el papel en impresoras automáticas o ampliadoras equipadas con luz de tungsteno o tungsteno-halógeno. Trabajar la ampliadora o impresora según las instrucciones del fabricante.

Conservación de la imagen latente:

Este papel tiene características mejoradas en la estabilidad de la imagen latente, ya que se puede conservar ésta de 1 minuto a 24 horas. No se necesitan cambiar los procedimientos de impresión para compensar los cambios por debajo de las condiciones de temperatura y manejo.

2. Kodak Professional Supra III. Papel rápido, multicapas de resina, para hacer impresiones a color a partir de negativos a color o internegativos. Reemplaza a los papeles Kodak Ektacolor Supra II y Kodak Ektacolor Supra II tipo L. Ideal para retratos y uso comercial, diseñado para impresiones con impresoras automáticas o rollos con base E (luster), F (glossy) y N (semi-mate). Se mejora su rendimiento con tiempos más largos de exposición.

Para procesarlo utilizar químicos Kodak Ektacolor RA para proceso RA-4.

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
Mejora la reproducción de color	Más fidelidad de rojos, verdes y magentas Azules y cianes más brillantes Amarillos más saturados
Mejor reproducción de la luminosidad	Reproducciones más reales de las escenas
Detalle de la sombra	Mayor retención del detalle en la sombra
Excelente conservación de la imagen latente (de 1 minuto a 24 hrs.)	Consistencia en el laboratorio mejorada
Excelente reciprocidad	Adaptación más fácil entre los formatos de impresión Se puede bloquear y quemar más fácil
Sensibilidad de calor reducida	Sensibilidad reducida de manera agradable a las transferencias de color debido a los cambios de temperatura del laboratorio
Mejor adaptación entre película, analizador de video, papel y respuesta espectral de la impresora	Mejora la compatibilidad de impresión y calidad de imagen entre las películas Kodak Professional.
Eliminación de velo	Impresiones más duraderas bajo condiciones de luz casera normal
Eliminación de tono amarillento por el calor	Impresiones más duraderas bajo condiciones de almacenamiento normal

Recomendaciones:

- El papel debe mantenerse a una temperatura de 13°C o menos en el paquete original. Altas temperaturas o alta humedad pueden producir cambios en la calidad.
- Manejar el papel en total oscuridad.
- El uso de una luz de seguridad puede afectar los resultados. Si se trata de algo absolutamente necesario, se puede usar una luz de seguridad equipada con un filtro ámbar de luz de seguridad Kodak 13 con una lámpara de 7 1/2 vatios. Mantener la luz de seguridad a 1.2 metros del papel.
- Exponer el papel en impresoras automáticas o ampliadoras equipadas con luz de tungsteno o tungsteno-halógeno. Trabajar la ampliadora o impresora según las instrucciones del fabricante.

3. Kodak Professional Ultra II. Papel rápido, multicapas de resina para impresiones a color a partir de negativos a color o internegativos. Ideal para trabajo comercial e industrias y trabajos que requieren alto contraste. Para ser usado en ampliadoras. Existe en hojas y en rollos en E (luster), F (glossy) y N (semi-mate).

Se debe procesar con químicos Kodak Ektacolor RA por medio del proceso RA-4.

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
Tiempos de revelado mejorados	Blancos limpios
Mejora la reproducción de los amarillos	Mejores reproducciones de color de la escena original
Óptima reciprocidad para impresiones y ampliaciones	Menos tiempo de exposición en grandes ampliaciones
Menos sensibilidad a la presión que papeles convencionales	Impresión por detrás más fácil Mejor manejo

Recomendaciones:

- El papel debe mantenerse a una temperatura de 13°C o menos en el paquete original. Altas temperaturas o alta humedad pueden producir cambios en la calidad.
- De preferencia, manejar el papel en total oscuridad.
- El uso de una luz de seguridad puede afectar los resultados. Si se trata de algo absolutamente necesario, se puede usar una luz de seguridad equipada con un filtro ambar de luz de seguridad Kodak 13 con una lámpara de 7 1/2 vatios. Mantener la luz de seguridad a 1.2 metros del papel.
- Exponer el papel en impresoras automáticas o ampliadoras equipadas con luz de tungsteno o tungsteno-halógeno. Trabajar la ampliadora o impresora según las instrucciones del fabricante.

Imagen latente:

No se deben notar cambios en la imagen latente de 1 minuto a 24 horas. Es por eso que no se necesitan hacer cambios en el proceso de impresión para compensar los cambios de la imagen latente por debajo de las condiciones de temperatura y manejo normales.

EKTACHROME RADIANCE PAPER (EQUIVALENTE AL PROCESO CIBACHROME).

Papel con base de resina, para impresiones a color reversibles, resistente al agua. Proporciona impresiones a color de alta calidad a partir de transparencias y diapositivas a color tales como Kodachrome, Ektachrome, etc. También puede ser utilizada para copiar impresiones fotográficas y documentos impresos. Existente en superficies glossy y semi-mate. Se procesa con los químicos Kodak Ektachrome R-3 o R-300

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
Densidad mínima excelente	Tonos blancos más limpios y neutros
Balance de color optimizado	Excelente reproducción de los tonos de piel
Saturación de color mejorada	Mejor reproducción de la escena original
Sensibilidad al proceso reducida	Mayor productividad

Recomendaciones:

- Manejar este papel en total oscuridad. No usar luz de seguridad, ya que es extremadamente sensible a la luz.
- Este papel puede exponerse en impresoras o ampliadoras automáticas equipadas con fuentes de luz de tungsteno o tungsteno-halógeno, o con fotolámparas para ampliadora. No emplear lámparas fluorescentes ni flash electrónico para exponerlo.

Conservación de la imagen latente:

No deben observarse cambios en la imagen latente con diversos tiempos de conservación. Por tanto, en condiciones normales de temperatura y manejo no es necesario modificar los procedimientos de impresión para compensar cambios en la imagen latente.

1. Kodak Ektachrome Radiance HC. Papeles copia a color, con base de resina, diseñados para copias directas a través de la reflexión de los originales. Ideal en donde la reproducción de las líneas y blancos es crítica. Proporciona precisión, colores saturados, neutros limpios, destaca la luminosidad y proporciona detalle en sombras finas.

- Papel de peso estándar que ofrece excelente opacidad.
- El papel Radiance HC para copia delgado, puede ser fácilmente doblado o enrollado para mapas o usos en dibujo.
- Utiliza el proceso Kodak Ektachrome R-3.

2. Kodak Ektachrome Radiance III.

Papel diseñado para hacer impresiones de alta calidad de transparencias originales o transparencias hechas con películas reversibles tales como Kodak Ektachrome y Kodachrome. Reemplaza al papel Kodak Ektachrome Radiance.

Existente en superficies F (semi-brillante o glossy) y N (semi-mate). Procesarlo con químicos Kodak Ektachrome R-3 o R-3000.

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
Mejora la reproducción del color	Rojos más brillantes y más detalle Mejores azules en los tonos de los cielos
Óptimo balance de color	Excelente escala neutral y mejoría en los tonos de piel
Densidad mínima extremadamente baja	Blancos limpios y más brillantes
Mayor tolerancia en las variaciones del proceso	Incremento de la productividad Mayor consistencia del producto
Eliminación de velo	Impresiones más duraderas bajo las condiciones de luz casera normal
Eliminación de tono amarillento producido por el calor	Impresiones más duraderas bajo condiciones de almacenaje normal

3. Kodak Ektachrome Radiance III Select Material. Papel en base de poliéster blanca, opaca, similar al Kodak Ektachrome Radiance III. Impresiones de alta calidad de transparencias a color y transparencias hechas con películas reversibles como Kodak Ektachrome y Kodachrome. Terminado ultra glossy, velocidad rápida de impresión. Procesarlo con químicos Ektachrome R-3.

CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
Mejor reproducción de color	Rojos más brillantes que muestran mejor el detalle Mejores azules en cielos
Óptimo balance de color	Excelente escala neutral y mejoría en los tonos de piel
Densidad mínima extremadamente baja	Blancos limpios y más brillantes
Mayor tolerancia en las variaciones del proceso	Incremento de la productividad Mayor consistencia del producto
Eliminación de velo	Impresiones más duraderas bajo condiciones de almacenaje normal

PAPELES EKTAMAX RA PROFESSIONAL.

Papeles para impresión en blanco y negro diseñados para ser procesados con químicos a color RA-4. Similar al Panalure, proporciona imágenes de tono neutral a partir de negativos a color.

1. Ektamax RA Professional Paper. Esta versión mejorada del papel Kodak Ektamax RA, proporciona negros ricos, blancos más agradables sin un proceso de control especial. Las impresiones tienen un tono neutro. Existe en tamaños estándares y está diseñado especialmente para uso en escuelas, foto comercial, industrial y de gobierno.

- Bases F (glossy) y N (semi-mate).
- Puede ser combinado con papeles Kodak Ektacolor en el mismo proceso.

2. Ektamax RA Professional L y M. Papel rápido con base de resina, para impresiones en blanco y negro de alta calidad a partir de negativos de color o a blanco y negro. Diseñado para impresiones por contacto o para uso en impresoras automáticas.

- Contrastes L (bajo) y M (medio).
- Utiliza el proceso de revelado RA-4.

PAPEL KODAK EKTAMATIC SC. Para uso en trabajos en donde se requiere un proceso rápido, como es en periódicos, medicina, militar y policiaco. Apropiado para procesos de activación-estabilización.

- Para uso preferentemente con luz de tungsteno
- Velocidad de proyección, contraste selectivo para impresión con filtros Kodak Polymax, base de fibra.
- Base blanca con brillo óptico incorporado.
- Proporciona imagen con negros cálidos mediante el proceso de estabilización y da negros neutrales mediante el proceso en charolas.
- Usar filtros Kodak Polymax o equivalentes para el control de contraste.
- El proceso de estabilización produce impresiones que se van a mantener por un tiempo limitado. la vida de la impresión se puede extender mediante fijado y lavados.
- Proceso recomendado: a máquina, Kodak SII Activator y Kodak Ektamatic S30 Stabilizer; en charola, reveladores Dektol o Polymax T.
- Luz de seguridad Kodak OC (ámbar) o equivalente.
- Velocidad ISO del papel: luz blanca, con procesador de estabilización, 400: luz blanca con proceso en charolas, 320.

PAPEL KODAK PANALURE SELECT RC. Papel pancromático, con revelador incorporado y velocidad de proyección. Diseñado para hacer impresiones en blanco y negro (o

impresiones por contacto con iluminación reducida) de negativos a color. Disponible en 3 grados de contraste para usos variables y para proveer de un amplio rango de contraste en la toma mejorando la calidad del negativo.

- Grado L para impresiones de negativos que tengan un alto contraste. Para retratos y trabajos de escuela.
- Grado M para negativos de contraste medio. Ideal para retratos, fotoperiodismo y foto comercial e industrial.
- Grado H para negativos de bajo contraste. Ideal para fotoperiodismo.
- Peso medio con brillo óptico incorporado para blancos limpios y brillo.
- Papel con base de resina, resistente al agua para proceso rápido, rápido secado y ondas mínimas.
- Agente revelador incorporado.
- Velocidad ISO del papel: P1000 (L), P800 (M) y P500 (H).
- Reveladores Kodak recomendados: máquina, Polymax RT, Royalprint; charolas, Dektol, Ektonol, Polymax T
- Luz de seguridad Kodak 13 con filtro ámbar y lámpara de 7 1/2 vatios.

Papeles a color de la marca Ilford:

PAPELES ILFORD ILFOCOLOR.

Papeles para imprimir imágenes a color a partir de negativos a color.

1. Ilfocolor Deluxe. Es un papel de alta calidad para imprimir de negativo a positivo, revestido por una base de poliéster opaca. Diseñado para usos en muestras y exposiciones, tiene blancos brillantes y excelente saturación de color. Papel de alta velocidad, con reproducción a color superior a otros papeles, rango tonal completo y superficie altamente lustrosa. La base de poliéster pigmentada otorga una estabilidad dimensional y excelente durabilidad. Puede ser utilizado con todos los tipos de negativos o internegativos. Procesar con los químicos RA-4.

2. Papel Ilfocolor. Es un papel económico con base de resina para exposiciones, terminado y ampliaciones en general con elección de superficies glossy y semi-mate. El contraste es formulado para maximizar la saturación de color mientras al mismo tiempo todas las altas luces y el detalle en sombras del negativo se reproducen con fidelidad. Provee de blancos limpios, fuertes negros y una reproducción tonal confiable, convirtiéndose en un papel para todos los usos industriales y comerciales.

Procesar con los químicos RA-4.

PAPELES ILFORD ILFOCHROME CLASSIC (EQUIVALENTES AL PROCESO CIBACHROME).

Son papeles de excelencia para impresiones a color para producir impresiones o películas diapositivas directamente de las transparencias originales. Son las únicas impresiones a color con una durabilidad de aproximadamente 200 años.

MATERIALES ILFOCHROME CLASSIC DE RESINA PARA ESPECTACULARES IMPRESIONES A COLOR EN RESINA DE CROMOS	
CARACTERÍSTICAS	BENEFICIOS
Tintes azo puros	Rica saturación de color, incomparable estabilidad del tinte, calidad de imagen superior
Impresión directa de positivo	Excelente nitidez, sin necesidad de internegativos
Auto-mascarilla	Mayor fidelidad en la reproducción de los colores
Resistencia mejorada	Mayor vida de la impresión como ningún otro papel
Base de resina	Menor costo de impresión

1. Ilfochrome Classic. Este papel define el estándar de la calidad de imagen y el brillo del color. Mientras otros materiales generan su imagen coloreada durante el proceso, Ilford usa una tecnología de blanqueo de tinte de plata utilizando tintes azo puros y altamente estables que son incorporados durante la elaboración del material. Entonces, durante el proceso, el área de la imagen negativa es selectivamente blanqueada fuera. El resultado es una imagen más rica, de mayor colorido, más saturada y más permanente. Se pueden tener más rendimientos en la fidelidad del color, nitidez y mayor rapidez en el trabajo debido a que no son necesarios internegativos.

2. Ilfochrome Classic Deluxe. Papel glossy que proporciona una superficie brillante, intensa saturación de color y contraste drástico. La fuerte base de poliéster todavía flexible, proporciona durabilidad para ser portátil y diapositivas permanentes para un montaje más fácil.

- Tres rangos de contraste
- Excepcional saturación de color y nitidez
- Excelente estabilidad del tinte
- Excelente para diapositivas en donde se requiere una superficie fuerte y brillante
- Ideal para reproducción directa de scanner
- Increíble durabilidad

3. Ilfochrome Classic RC Paper. Es competitivamente un papel con base de resina de precio y características más económicas. El papel pearl (aperlado) tiene un terminado mate con una superficie brillante y resistente a las huellas digitales única. El papel semi-brillante (glossy) ofrece alta saturación de color y nitidez, y clara reproducción de la imagen. Ambos a un precio accesible.

- Disponible en dos superficies, semi-brillante y aperlado (glossy y pearl).
- Contraste normal
- Ambas superficies resistentes a las huellas digitales y a las marcas por el manejo.
- Ideal para impresiones, impresiones de prueba y terminados rápidos.

4. Ilfochrome Classic Copy Paper. Papel con base de resina de alto contraste para producir copias positivas directas de línea y originales de medio tonos. Este papel con terminado semi-brillante (glossy) es económico y ofrece los beneficios del Ilfochrome Classic: alta saturación de color, extraordinaria nitidez y fidelidad de color para copias positivo a positivo.

- Disponibles en tres altos contrastes de resina, semi-brillante, aperlado y aperlado en peso ligero, con base plegable
- eñado para copias de positivo a positivo usando cámaras de copia reprographic.
- Ideal para impresiones de presentación de transparencias de 35 mm generadas por computadora.

PAPELES ILFOCHROME RAPID.

Material de positivo directo para impresiones rápidas y de alta fidelidad, de alto

MATERIALES RAPIDOS: PARA IMPRESIONES RAPIDAS DE VOLUMEN SIN SACRIFICAR LA CALIDAD	
Tintes azo puros	Rica saturación de color, estabilidad del tinte incomparable, excelente calidad de imagen
Impresión a color de positivo directo	Extraordinaria nitidez, mejora el tiempo de producción, no necesita internegativos
Auto-mascarilla	Fidelidad de reproducción del color
Alta resistencia	Larga vida de la impresión
Papel rápido con base de resina	Menor costo de impresión

1. Ilfochrome Rapid. Papel para impresión que tiene el sistema más rápido para producir impresiones a color de muy alta calidad y transparencias (el tiempo de secado a secado es de 4 minutos o menos). Papeles rápidos que ofrecen excelente estabilidad al ser archivadas, similar al Ilfochrome Classic y sobresale cuando se le compara con papeles cromogénicos.

Para ser procesado se deben utilizar los químicos para proceso P4.

2. Ilfochrome Rapid Plus. Es en verdad la manera más efectiva en cuanto al costo para obtener impresiones con volumen a partir de cromos. Se encuentran en superficies de resina semi-brillante (glossy) y aperlado (pearl). Producen imágenes claras, precisas, sin la necesidad de internegativos. Este papel resuelve favorablemente las altas luces críticas, explora las sombras y da los insuperables colores de los materiales Ilfochrome.

- Mejora la calidad de imagen.
- mejor reproducción de las altas luces y de los medios tonos.
- mejor fidelidad de color, especialmente en los tonos de piel
- Base de resina, papel de peso medio
- Dos superficies disponibles, semi-brillante y aperlado (glossy y pearl)
- Excelente nitidez
- Alta resistencia de los tintes azo.

3. Ilfochrome Rapid Deluxe. Este papel proporciona gran brillo y durabilidad por su base de poliéster Ilfochrome, más su sin igual tiempo de procesado y color que aumenta el producto o concepto.

- Glossy de lujo, base de poliéster
- Base dimensional estable y fuerte
- Alta saturación de color y nitidez
- Elevada estabilidad del tinte
- Excelente para displays en donde se requiere una superficie brillante y fuerte.

Papeles a color de la marca Agfa:

PAPELES AGFACOLOR

1. Papel Agfacolor Tipo 10. Es un material para ampliación con una base recubierta de polietileno para la producción de impresiones a color a partir de negativos de color de todos los tipos e impresiones a color a partir de transparencias.

2. Papel Agfacolor Tipo 11. Material para ampliación con una base de resina y polietileno para la producción de impresiones a color a partir de negativos a color de todos los tipos, e impresiones a color a partir de transparencias con el sistema Agfa DigiPrint. Representa al papel Agfacolor Tipo 10 mejorado, que tiene características de máxima productividad y sensibilidad aproximada de 1 DIN, la que se traducirá en tiempos de exposición más cortos, reduciéndose en un 20 %.

- Almacenaje estable. Máximo 25°C en condiciones normales con un máximo de 6 meses.
- Contraste consistente de la imagen. El comportamiento de la reciprocidad ha sido optimizado de manera que los grados de contraste de la imagen permanecen consistentes lo mismo en tiempos cortos o largos.
- Excelente neutralidad desde las más brillantes luces altas hasta las más oscuras sombras y los negros más profundos. Esto optimiza el balance de color.
- Color confiable. Colores brillantes que producen tonos de piel totalmente naturales.

3. Papel Agfacolor Professional Portrait. Material profesional para ampliaciones con base de resina. Diseñado para producir impresiones de negativos originales. Las películas para retrato y las películas negativas estándar funcionan de la misma manera. Es un papel con excelentes características para la reproducción de los diferentes tonos de piel, produce excepcional neutralidad, blancos puros y negros neutrales.

Especial para usos en retratos de estudio, foto comercial, bodas y foto reportajes.

- Excelente reproducción de los tonos de piel.
 - Contraste optimizado para retrato
-

- Muy buenas luces altas y diferenciación de sombras.
- Muy buena neutralidad
- Separación de color limpia
- Neutral, negros profundos
- Resultados estables (aún con tiempos de exposición y procesamiento prolongados).
- Alta estabilidad del tinte.

4. Papel Agfacolor Signum. Material para ampliación con base de resina. Diseñado para producir imágenes de negativos originales y generar imágenes digitales. Las películas negativas, internegativos y películas para copias funcionan igualmente como originales. Su base de resina garantiza un papel a color con extraordinaria calidad y máxima uniformidad. Diseñado principalmente para usos en muestras y exposiciones.

- Alta velocidad
- Resultados estables (aún con largos tiempos de exposición (reciprocidad) y tiempos extendidos entre la exposición y el procesado. La velocidad, filtración y contraste permanecen constantes.
- Muy buena neutralidad
- Alto contraste para brillos
- Buena fidelidad de color
- Separación de color limpia
- Blancos puros
- Neutral, negros profundos
- Alta estabilidad del tinte

Papeles a color de la marca Fuji:

1. Fujicolor Super FA. Papel a color super brillante que produce imágenes de excelente nitidez y saturación de color. Fabricado con una base de poliéster blanco proporciona una superficie incomparablemente brillante y lisa para impresiones a partir de negativos a color. Revelarlo con el proceso químico RA4.

2. Fujichrome Tipo 35. Papel reversible a color para hacer impresiones a partir de transparencias a color. Revelarlo con el proceso R3.

3. Fujichrome Super-Gloss. Material reversible a color en una base de poliéster blanco para hacer impresiones a partir de transparencias a color. Tiene características únicas como poseer una superficie brillante que minimiza el decoloramiento y amarillentos. Se conserva perfectamente liso.

Papeles a color de la marca Mitsubishi:

1. Mitsubishi SA-B. Papel compatible con todos los procesos RA-4, este material tiene características de reproducción verdadera del color, excelente brillo, blancos puros con gradación neutral del tono. Recomendado para usos de alto contraste a color. Disponible en superficies F (glossy), E (brillante) y N (semi-mate).

2. Mitsubishi SA Pro. Este material para impresiones a color proporciona una reproducción de color superior. Está diseñado para usos de bajo contraste para producir excelentes luces altas y detalles en sombra. Totalmente compatible con todos los procesos RA. Disponible en superficies E (brillante) y N (semi-mate).