

Capítulo 2

La percepción del color

PSICOLOGÍA DE LA PERCEPCIÓN
Curso 2023/2024

Tutora del Centro Asociado de la Seu d'Urgell:

Mónica Martínez Ramos

Correo: monmartinez@seu-durgell.uned.es



Introducción:

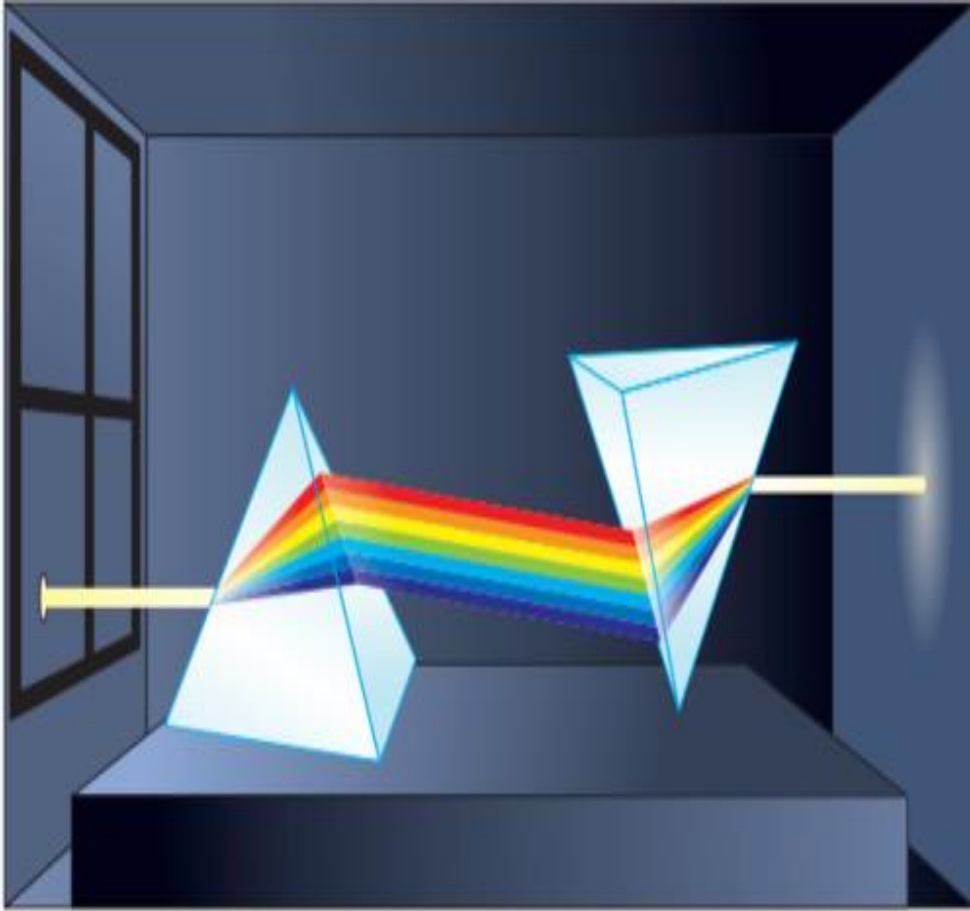
¿Por qué los colores se muestran en nuestra experiencia consciente de la forma en que lo hacen?

La contestación a esta pregunta está fundamentada en tres principios: **tricromaticidad, procesamiento oponente y constancia.**

¿Qué es el color? Teoría del color:

<https://youtu.be/CFn-wPKxRR4>

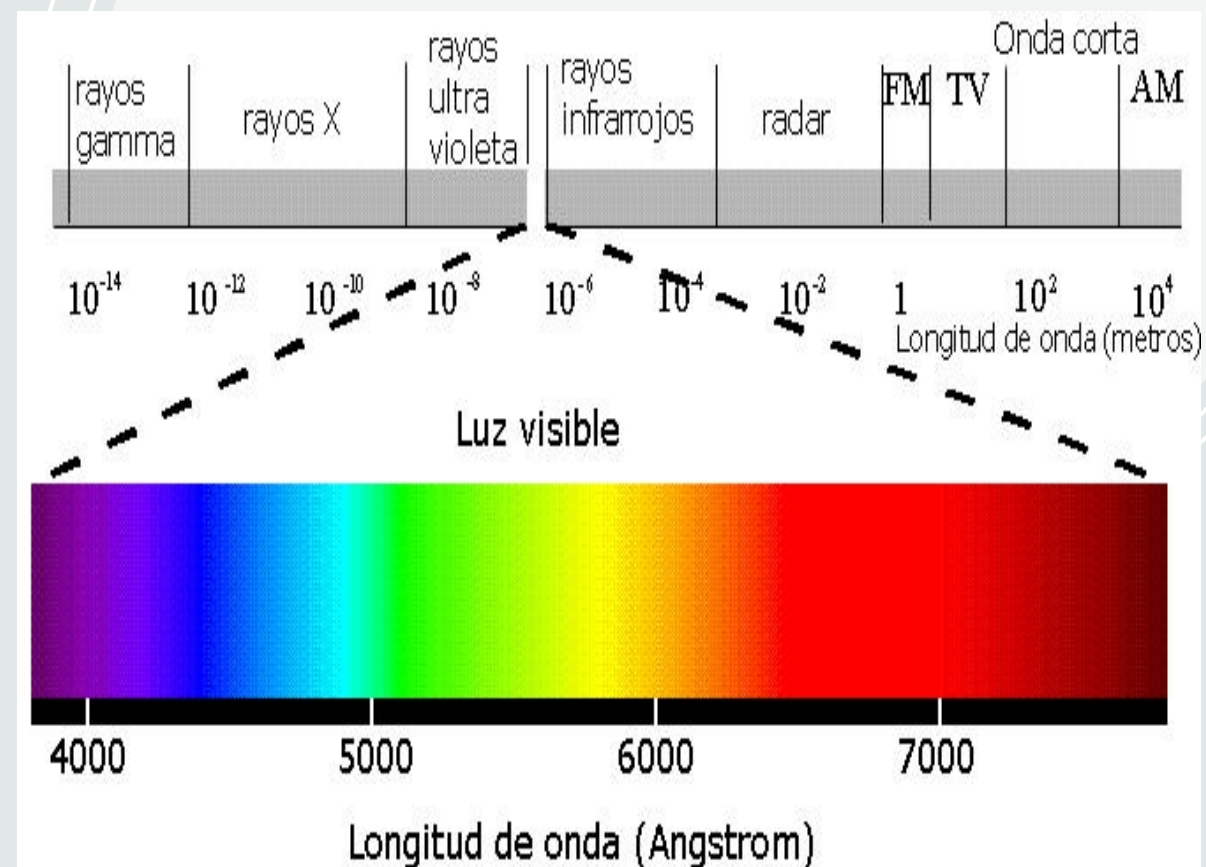
1. LA APARIENCIA DEL COLOR



El estudio de la apariencia del color encontró su primera aportación fundamental en el descubrimiento de Isaac Newton sobre la composición espectral de la luz. Cuando hizo pasar un rayo de luz solar a través de un prisma, Newton observó la aparición de un arco iris mostrando los colores del espectro luminoso. También supo comprobar que estos colores eran fundamentales, ya que haciendo pasar un rayo de cada color por un segundo prisma, el color no volvía a descomponerse produciendo la aparición de un segundo arco iris.

Hoy sabemos que la luz puede ser descrita en **términos de onda y en términos de corpúsculo** y que cada una de estas dos descripciones puede ser de diferente utilidad a la hora de entender los fenómenos relacionados con el color.

La consideración de la **luz como onda** (distancia recorrida hasta que la función de onda se repite) es útil para comprender su composición espectral y los aspectos cualitativos del color, mientras que la consideración de la **luz como corpúsculo** resulta más apropiada para referirnos a la cantidad de luz asociada a los colores.



1.1. La cantidad de luz y su medida

Desde la concepción corpuscular: la luz está compuesta por paquetes elementales (cuantos) de energía, llamados **fotones**, que constituyen la unidad de medida de la cantidad de luz.

Se puede medir la luz desde dos perspectivas:

1_ Radiometría: luz como cualquier tipo de energía.

2_ Fotometría: cantidad de luz visualmente efectiva sensible a nuestros receptores.

De los fotométricos importantes para la percepción:

a) Iluminancia (E): Es la cantidad de luz visualmente efectiva que incide sobre una superficie. Ejemplo: mesa, valor depende de dos factores: luz y la distancia con el objeto. Unidad de medida es el Lux.

b) Luminancia (L): Es la cantidad de luz visualmente efectiva emitida por una fuente de luz extensa. Por ejemplo, la cantidad de luz reflejada por una mesa. Su unidad de medida es la candela por metro cuadrado ($\text{cd} \cdot \text{m}^2$).

C) Reflectancia : Cantidad de luz emitida (luminancia) y la cantidad de luz recibida (iluminancia)

1.2. El espectro electromagnético

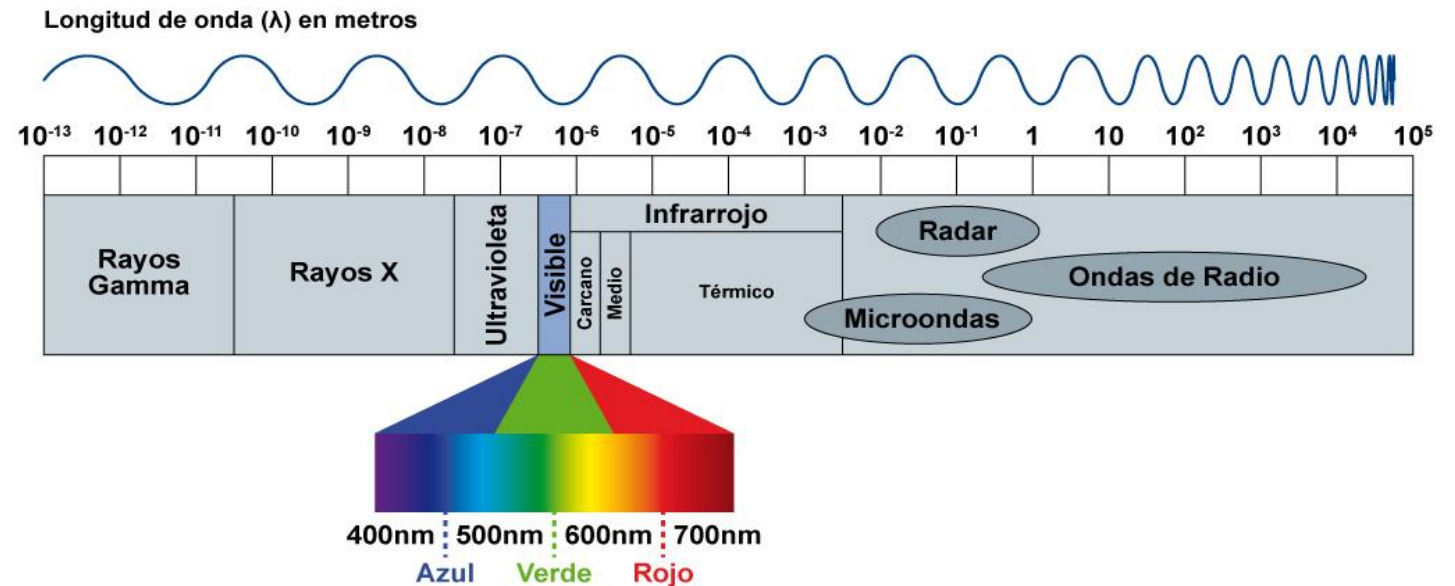
La consideración de **la luz como onda** nos permite relacionarla con los distintos tipos de energía que componen el **espectro electromagnético**.

Entre los 400 y 700 nm (longitud de onda), esta comprendido el espacio visible. **Teoría corpuscular de Newton:** <https://youtu.be/uO2uyvf-E3k>

La distribución espectral de una luz es la función que describe la cantidad de luz que contiene en cada una de las longitudes de onda.

Los diferentes grados de **refracción de la luz** (cambio de dirección de una frente de ondas al atravesar la interfase entre un medio y otro en la que hay distinta velocidad de propagación); permiten observar los componentes del espectro luminoso.

- **Las longitudes ondas cortas: 400 nm**, son mas fuerte refractada, tienen apariencia violeta.
- **Las longitudes ondas largas: 700 nm**, apariencia roja.
- **Las longitudes intermedias:** 610 naranja, 580 amarillo, etc.



1.3. La codificación del color

El color es una sensación consciente resultante de la interacción de nuestros sentidos con la estimulación luminosa y por ello constituye un importante capítulo de la psicología de la percepción.

La longitud de onda es el parámetro estimular preferentemente relacionado con la sensación de color pero solamente representa el primer paso en la cadena causal de acontecimientos que determinan esa sensación. Al conjunto de procesos que completan esa cadena causal podemos llamarlos **procesos de codificación** del color ya que son los encargados de transformar un código físico, expresado en términos de longitudes de onda, en un código psicológico, expresado en términos de experiencias conscientes de color.

Estrategias científicas utilizadas para estudiar la codificación del color:

- 1) Las estrategias psicofísicas estudian la relación entre la manipulación de las características del estímulo luminoso y la experiencia de color. La psicofísica se interesa preferentemente por describir y medir adecuadamente la experiencia sensorial y por relacionar las características de esa experiencia con los parámetros de la estimulación.
- 2) Las estrategias fisiológicas estudian la relación tanto de las características estimulares como de la experiencia sensorial con los distintos componentes del sistema visual.

1.4. Los atributos del color

La forma en que los colores aparecen en nuestra experiencia consciente puede describirse por referencia a tres atributos básicos:

1)Matriz: Cualidades diferentes de los colores (rojo, verde, azul...); el nombre que le ponemos a los colores.

Colores espectrales: son los **colores** del arcoíris que tienen nombre: Violeta, azul, verde, amarillo, naranja y rojo. Un **color espectral** es por tanto una percepción de **color** que se puede emparejar con una única longitud de onda presente en el espectro luminoso.

Colores no espectrales: es la percepción de **color** que no se puede obtener de esa manera, sino que necesita una combinación de longitudes de ondas distintas para ser percibido, mezcla de dos o mas luces monocromáticas como por ejemplo todos los tonos neutros o los púrpuras.

Cromáticos: colores espectrales y no espectrales.

Acromáticos:(blanco, negro gris), se comprenden mejor con la claridad que con la matriz.

2)Saturación: *Pureza* del color. En la teoría del **color**, la **saturación**, colorido o pureza es la intensidad de un matiz específico. Se basa en la pureza del **color**; un **color** muy saturado tiene un **color** vivo e intenso, mientras que un **color** menos saturado parece más descolorido y gris.

3)Brillo/claridad: cantidad de luz que refleja. **Brillo** es el estímulo que emite la luz, en mayor o menor cantidad. *Luminancia percibida*.

La claridad es un atributo asociado a la percepción de estímulos que reflejan luz, como son la mayor parte de las superficies. La claridad está relacionada con la **reflectancia** más que con la luminancia, por lo que a veces se define como *reflectancia percibida*.

1.5 Sistemas de ordenación de los colores

1.5.2. La codificación de la longitud onda

¿Cómo codificamos la longitud de onda?

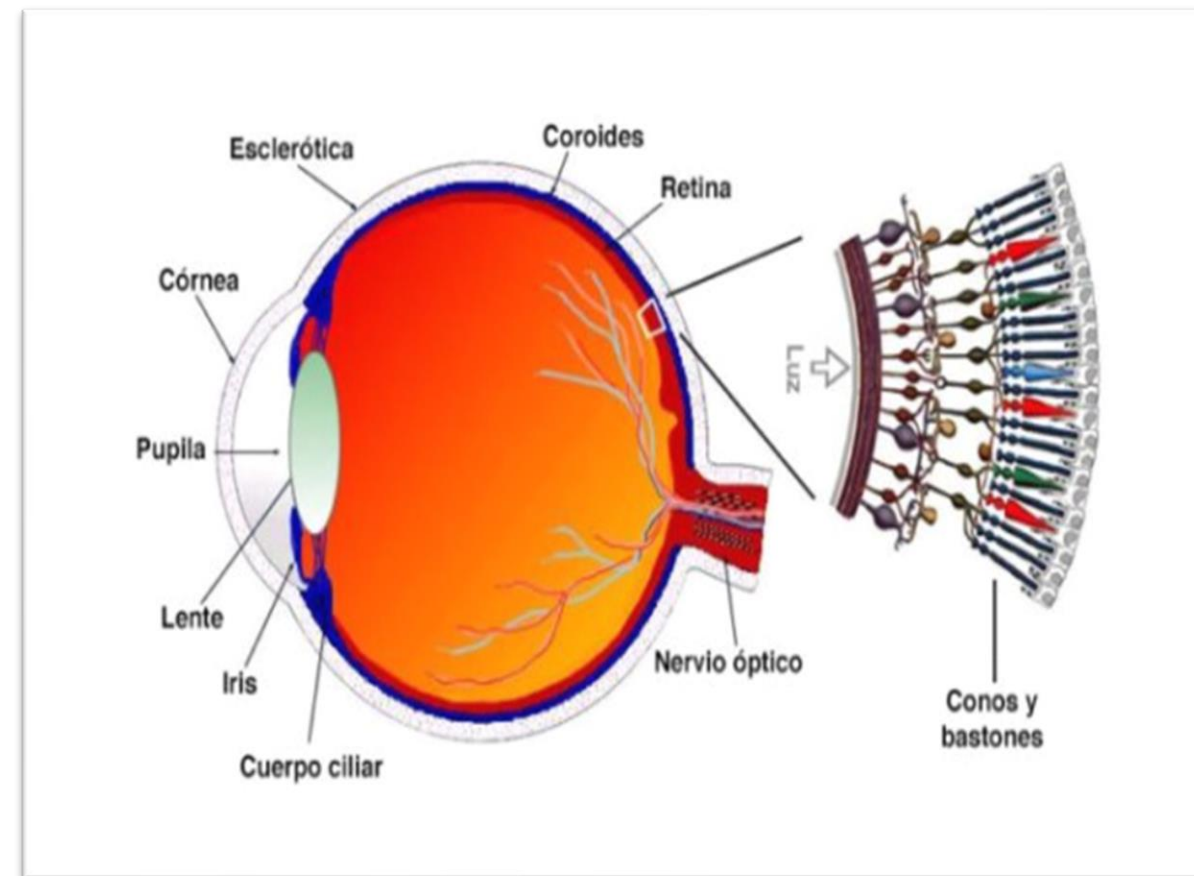
Mediante los receptores visuales.

Existen 2 receptores visuales:

Cono: Fotorreceptor de la retina que posibilita la visión con luz diurna y la visión del color.

Bastón: Fotorreceptor de la retina que posibilita la visión en la oscuridad o con luz débil. **Visión Escotópica.**

La visión escotópica es aquella percepción visual que se produce con niveles muy bajos de iluminación. La agudeza visual es baja y la recepción de luz es principalmente con los bastones de la retina, que son sensibles al color azul del espectro. No es posible una discriminación del color en este tipo de visión: es una visión monocromática.



En la retina del ojo humano existen dos tipos de células receptoras, sensibles a la zona del espectro electromagnético conocida como luz: los bastones y los conos. Ambos poseen propiedades distintas y operan bajo condiciones diferentes.

Hay sólo un tipo de bastones que operan bajo condiciones de baja luminosidad y tres tipos de conos cuya preferencia es a la alta intensidad de luz.

1.5 Sistemas de ordenación de los colores

1.5.2. La codificación de la longitud de ond

El estudio psicofísico de la respuesta del sistema de visión escotópica a la longitud de onda de una luz se realiza mediante un experimento de **igualación escotópica**.

El estudio psicofísico de la respuesta de visión fotópica a la longitud de onda de una luz se realiza mediante un **experimento de igualación del color** (el campo visual dividido en dos mitades contiene una luz de prueba que puede tener cualquier distribución espectral y la tarea del observador consiste en manipular la intensidad de tres luces primarias hasta conseguir que los dos lados del campos visual sean indistinguibles. La distribución espectral de las tres luces primarias permanece constante y el observador sólo puede modificar la cantidad de luz primaria.

El resultado es que en condiciones de alta iluminación (condiciones fotópicas) los observadores pueden igualar todas las luces de prueba mediante la manipulación de las cantidades de luz de las tres luces primarias.

Las dos partes del campo visual no tienen la misma distribución espectral por lo que al color resultante de la mezcla de las tres luces primarias se le da el nombre del **metámero**.

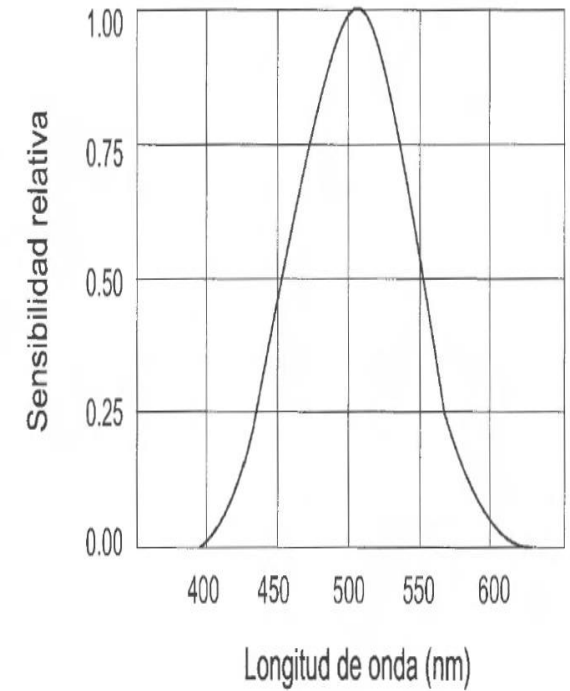
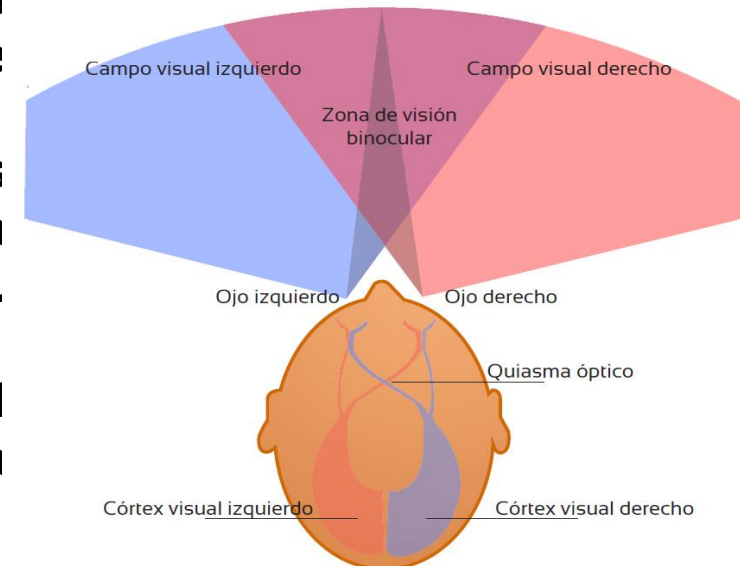
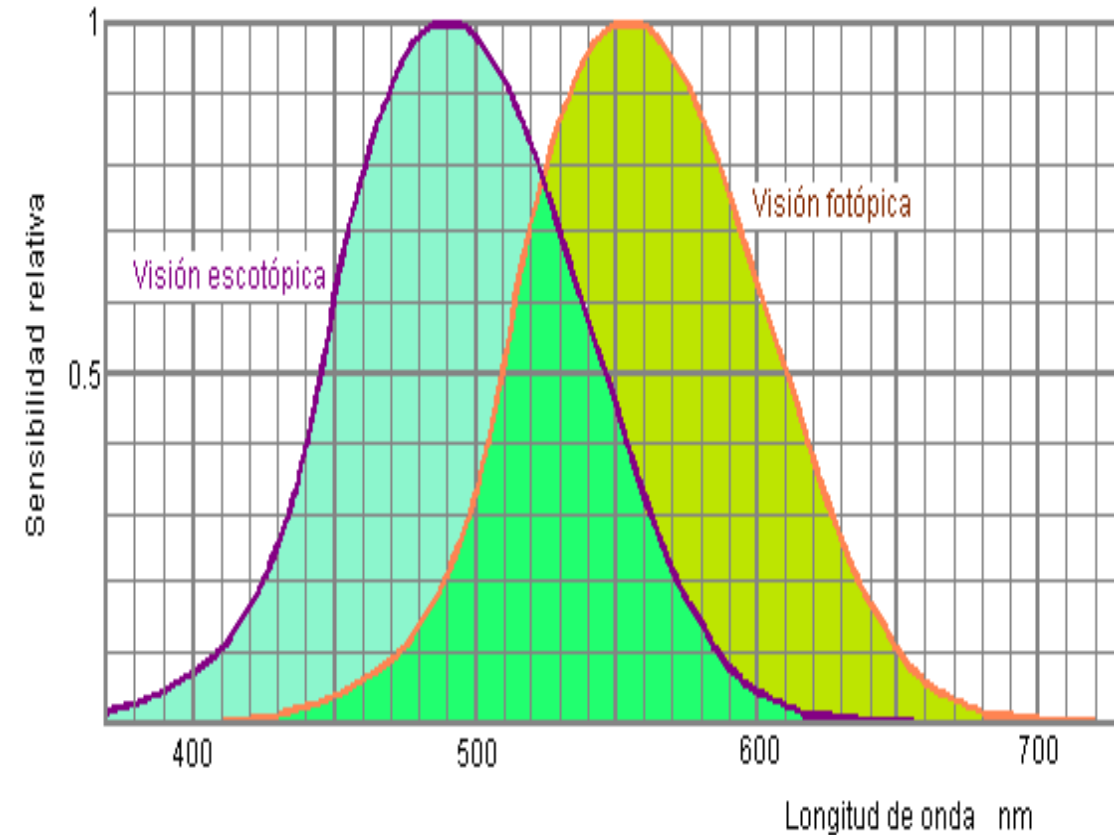


FIGURA 2.3. Función de sensibilidad espectral escotópica.



- **Sistema de visión escotópica** : depende de los **bastoncillos**. Es un sistema adaptado a las situaciones de **bajo nivel de iluminación**. Los bastoncillos son muy sensibles a la luz y no difieren entre sí en su respuesta a la longitud de onda. La sensibilidad de los bastoncillos no es la misma para cada una de las longitudes de onda.
- **Sistema de visión fotópica** : depende de los **conos**. Es un sistema adaptado a situaciones de **alta iluminación** y está directamente relacionado con la codificación diferencial de la longitud de onda.



El conjunto de luces primarias que se pueden utilizar en un experimento de **igualación de color** debe cumplir una condición: ninguno de los colores primarios puede obtenerse por la mezcla de los otros dos.

Rojo (R), **verde (G)** y **azul (B)**.

Las cantidades de **R**[$r(\lambda)$], **G**[$g(\lambda)$] y **B**[$b(\lambda)$] necesarias para igualar los colores de prueba correspondientes al espectro visible. Estas cantidades se denominan valores **triestímulo** y están expresadas en unidades tricromáticas.

La igualación de cualquier color puede lograrse mediante la manipulación de tres luces primarias lo que permite establecer un sistema descriptivo basado en tres luces primarias que incluya todos los colores.

La ecuación del color es la expresión que determina la cantidad de cada luz primaria que es necesaria para lograr la igualación del color (E) correspondiente a una determinada longitud de onda (λ).

La mezcla de luces puede expresarse en términos de una ecuación lineal porque cumple las propiedades de:

Homogeneidad: supone que una igualación persiste si ambos términos de la ecuación se multiplican por una constante.

Superposición: supone que si a ambos lados de la ecuación se suma una constante, la igualación persiste. Esta propiedad suele conocerse con el nombre de ley aditiva de Grassmann.

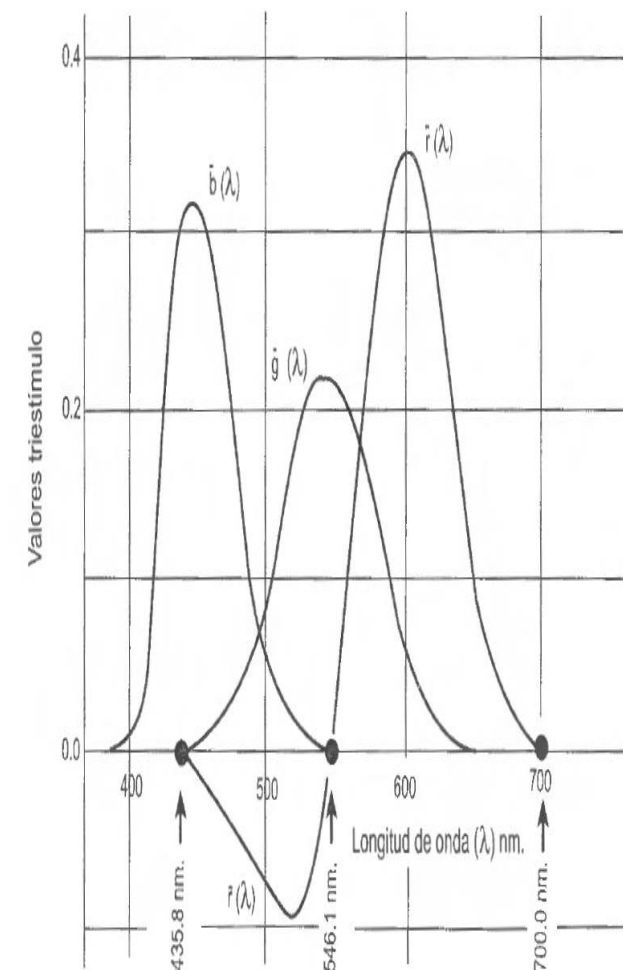


FIGURA 2.4. Funciones resultantes de un experimento de igualación del color utilizando el sistema R G B. Fuente: Adaptación de la figura 4 (3.2.3.) de la obra de

1.5.3. El diagrama de cromaticidad

En toda mezcla de luces, la cantidad de luz en la mezcla es igual a la suma de las cantidades de luz primaria y la apariencia de la mezcla no depende de los valores triestímulo absolutos. La proporción de R a la mezcla viene dada por la ecuación:

$$r = R / (R + G + B)$$

a los valores r, g y b que representan la contribución proporcional de cada luz primaria a la mezcla se les llama **coordenadas de cromaticidad**.

Este diagrama está basado en el **sistema X Y Z** cuyos valores primarios no corresponden a un conjunto particular de luces primarias sino que son transformaciones lineales del **sistema R G B**, teniendo en cuenta una serie de ventajas, ente ellas la de que los valores triestímulo fueran todos positivos.

En el perímetro de la línea curva continua se representan las distintas longitudes del espectro luminoso con sus correspondientes matices de color en el grado máximo de **pureza de excitación**.

Para los colores situados dentro del diagrama de cromaticidad puede determinarse su **longitud de onda dominante**, si la tienen, así como su **pureza de excitación**. La longitud de onda dominante de un estímulo de color está relacionada con el matiz perceptivo del mismo.

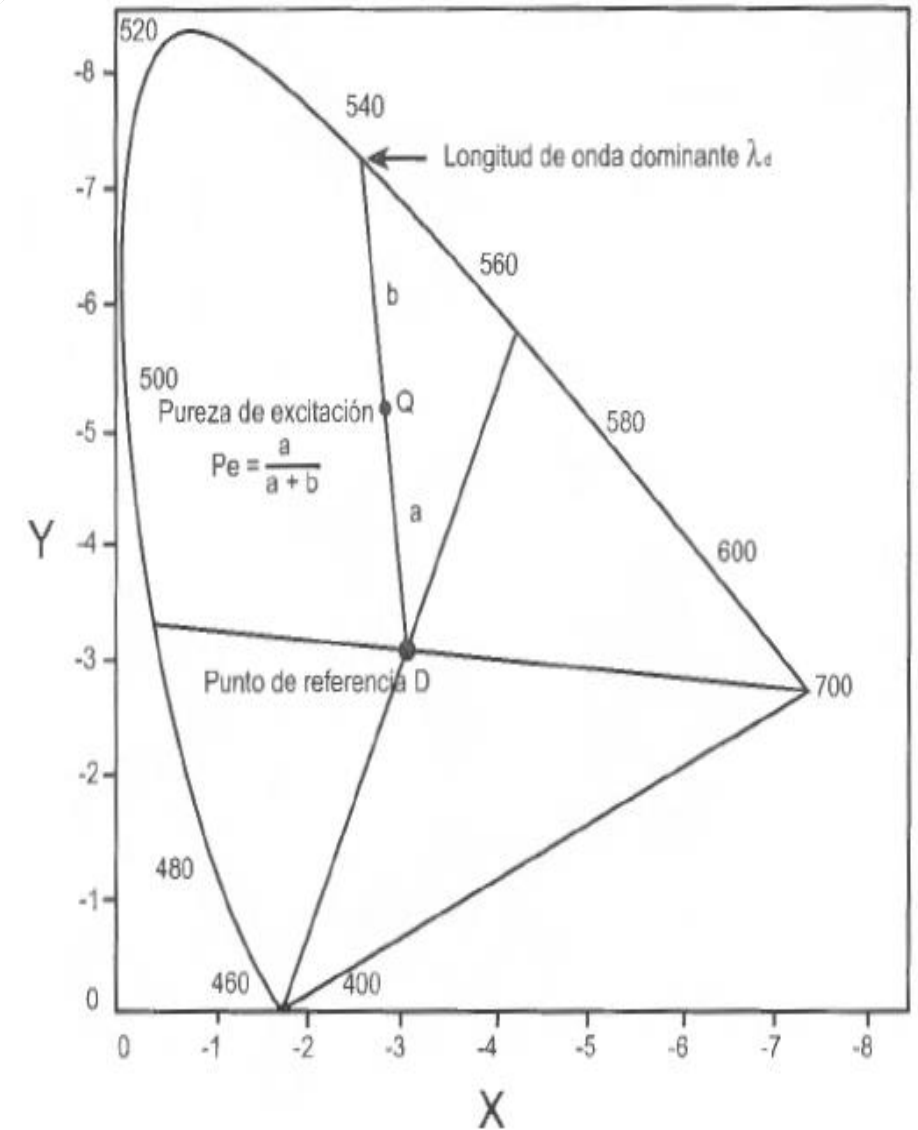
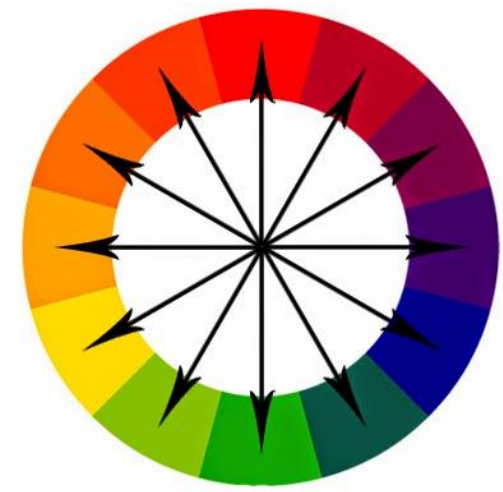


FIGURA 2.5. Diagrama de cromaticidad de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE).

El **diagrama de cromaticidad** nos permite también determinar los pares de **colores complementarios**, que son aquellas parejas de colores que, mezcladas en proporciones adecuadas, producen una igualación con un color acromático determinado. En el diagrama de cromaticidad, los puntos opuestos del perímetro que están unidos por una recta que pasa por el punto de referencia D, determinan longitudes de onda que son complementarias. **No todas las longitudes de onda tienen complementaria.** Los estímulos de color de longitudes de onda comprendida entre 493.3 y 566.5 no tienen complementario. El punto opuesto a estas longitudes de onda en el diagrama cae en la recta de los colores púrpura que no son colores espectrales.

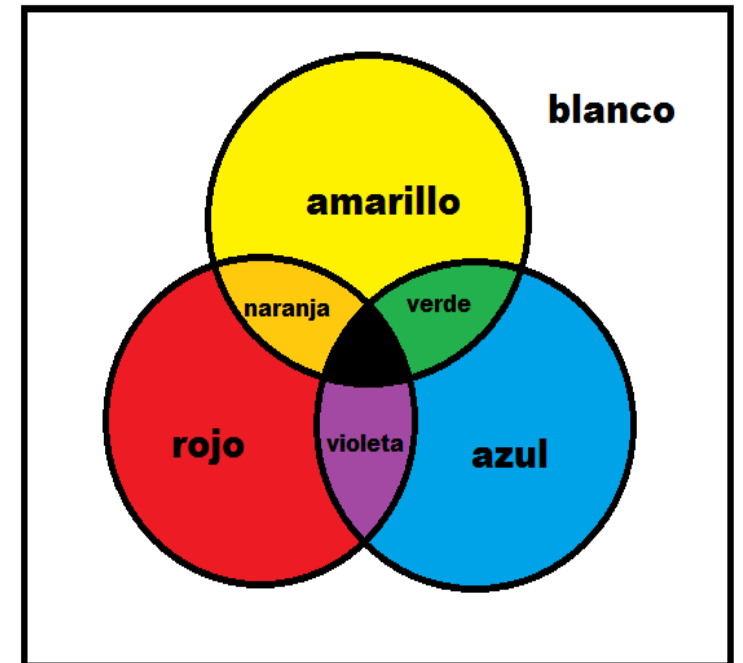
1.6. La mezcla de pigmentos

Hay situaciones en que la resultante de una mezcla **no es aditiva respecto a sus componentes**. El caso más frecuente de mezcla no aditiva es la mezcla de pigmentos. En este caso, la mezcla suele llamarse **sustractiva** porque hay que tomar en consideración las longitudes de onda que son absorbidas y las que son reflejadas por los pigmentos.



**COLORES
COMPLEMENTARIOS**

COLORES PIGMENTO



2. TRICROMATICIDAD

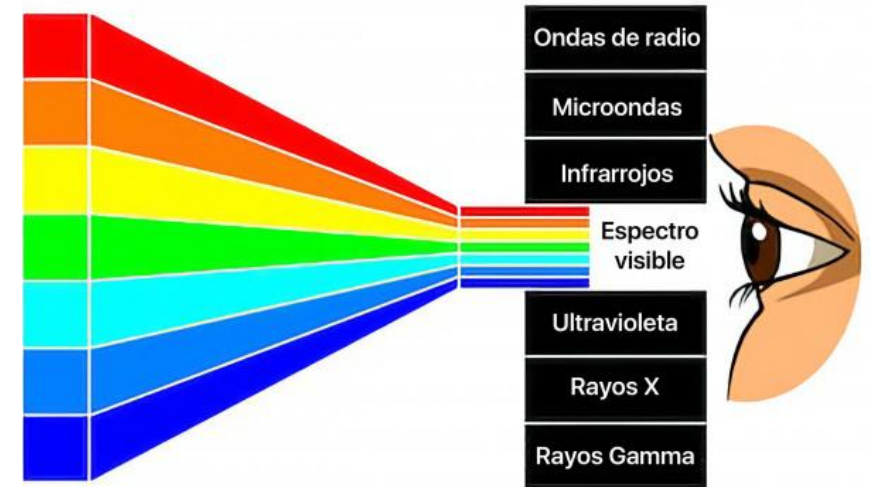
La teoría tricromática del color fue propuesta por George Palmet y posteriormente elaborada por Maxwell y Hehmholtz.

En su **vertiente psicofísica**, la teoría defendía que las sensaciones de color fundamentales eran tres: rojo, verde y azul.

En su **vertiente fisiológica**, mantenía la existencia de tres tipos de receptores especialmente sensibles a diferentes longitudes de onda.

Según Hehmholtz, cada uno de los receptores respondía preferentemente a un tipo de longitud de onda, uno a las cortas, otro a las medias y otro a las largas.

Cada uno de los receptores era ciego al color; sin embargo, debido al solapamiento de las funciones de sensibilidad, cualquier longitud de onda era capaz de estimular de forma diferente a cada receptor. El patrón de activación producido en los receptores por las distintas longitudes de onda era el responsable directo de la **experiencia de color**.



2.1. Las deficiencias cromáticas

En muy raros casos se produce una verdadera ceguera al color (**acromatopsia**) que reduzca la visión a la dimensión de claridad en la gama de blancos, grises y negros. Las personas que la padecen sólo pueden basar su discriminación en la dimensión de brillo-claridad.

La persona que padece **dicromatopsia** sólo tiene dos de los tres receptores del color, por lo que un **dicrómata** sólo necesita utilizar dos luces primarias para igualar una luz de prueba en un experimento de igualación de colores.

Pueden presentarse tres tipos de dicromatopsia:

1. Los **tropanopas**: carecen de receptores de onda larga. Si una luz roja se hace más brillante que una luz verde, el tropanopa confundirá estos colores.

2. Los **deuteranopas**: carecen de receptores de onda media y afectan también a la discriminación entre el verde y el rojo. Las longitudes de ondas medias tienden a aparecer azules y las largas tienden a aparecer amarillas. En medio de estas dos bandas hay un punto acromático de colore gris que permite distinguir a protanopas de deuteranopas ya que para los primeros tiene lugar en los 492nm y para los segundos en los 498nm.

3. Los **tripanopas** carecen de receptores de ondas cortas y son poco frecuentes entre la población. La apariencia que toman los colores para el tripanopa es de verde para las longitudes de onda cortas y rojo para las largas. El punto gris de neutralidad cromática lo presentan en los 570nm.

Existen otros tipos de anomalías llamadas **tricromáticas** que no son debidas a la falta de un tipo determinado de receptor sino a un funcionamiento anómalo de los receptores. Quienes la padecen pueden igualar cualquier color con una mezcla de tres luces primarias pero la mezcla difiere de la utilizada por las personas consideradas normales.

2.2. Fisiología de los fotorreceptores

La investigación fisiológica fue capaz de aislar y extraer el fotorpigmento de los bastoncillos llamado **rodopsina**. Cuando este fotorpigmento es expuesto a la luz, sufre una serie de modificaciones químicas que acaban produciendo un cambio gradual en el potencial de membrana. No cambia a pesar de que cambie la longitud de onda que es absorbida.

La secuencia de reacciones es la misma cuando se absorben unos que cuando se absorben otros. A esta propiedad se le da el nombre de **univarianza**, significando con ello que el fotorpigmento establece una correspondencia entre toda la gama de longitudes de onda del espectro visible y un único de output que es la tasa de absorción. La respuesta de la rodopsina no codifica información alguna sobre la composición espectral de la luz y por ello no somos capaces de discriminar luces de diferente color en condiciones de visión escotópica.

Univarianza significa que, una vez absorbidos, los cuantos de cualquier longitud de onda tienen el mismo efecto visual.

2.2. Fisiología de los fotorreceptores

Wald y Brown comprobaron que el grado de solapamiento entre ambas es prácticamente perfecto. Resultados como éste permiten establecer que **la tasa de absorción de la rodopsina es el fundamento biológico de la igualación escotópica.**

Distintos tipos de conos:

Conos S, tienen una sensibilidad máxima en torno a los 440nm.

Conos M, muestra mayor capacidad de absorción para las longitudes de ondas medias, con un máximo en torno a los 530nm.

Conos L es más sensible a las longitudes de ondas largas y su pico máximo se sitúa en torno a los 560nm. Son los más abundantes en la retina humana, son aproximadamente el doble que los conos M. los más escasos son los conos S.

La razón entre los conos L, M y S viene a ser de 10: 5: 1.

Existe solapamiento entre las distribuciones de absorción de cada uno de ellos aunque el solapamiento es mucho mayor entre las distribuciones de los conos M y L ante una misma longitud de onda, la respuesta de cada tipo de cono diferente. En general, el funcionamiento de los tres tipos de conos es parecido a los que Helmholtz había anticipado aunque los detalles de las funciones de absorción son diferentes.

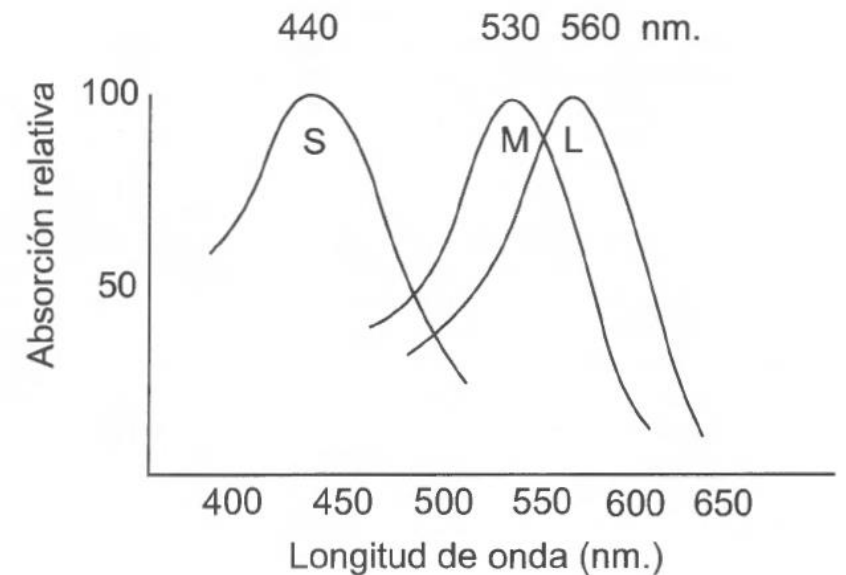


FIGURA 2.6. Curvas de absorción relativa de cada uno de los receptores cromáticos.

3. PROCESAMIENTO OPONENTE

En el siglo XIX, los investigadores de la percepción con una orientación fenomenológica, siempre concedieron una gran importancia a la forma en que los colores aparecen en nuestra experiencia consciente. Varios fenómenos relacionados con la percepción del color encontraban difícil acomodo en la teoría tricromática.

3.1. Fenómenos que cuestionan la teoría tricromática

a) Tareas de clasificación de colores. Hering observó que, cuando se pedía a los sujetos el agrupamiento de un conjunto de fichas de diferentes colores, el número de categorías más frecuentemente utilizado era cuatro: rojo, verde, azul y amarillo. Si los colores fundamentales fueran tres, ¿por qué se utilizaba el amarillo como categoría independiente de las otras tres?

b) Combinaciones de colores. La teoría tricromática no es capaz de explicar por qué no podemos tener experiencia de determinadas combinaciones.

c) Deficiencias cromáticas. La pérdida de experiencia de color no ocurre de forma individualizada para cada uno de ellos, sino que tiene lugar por pares, y los emparejamientos no son arbitrarios sino que afectan al par rojo-verde o al par azul-amarillo.

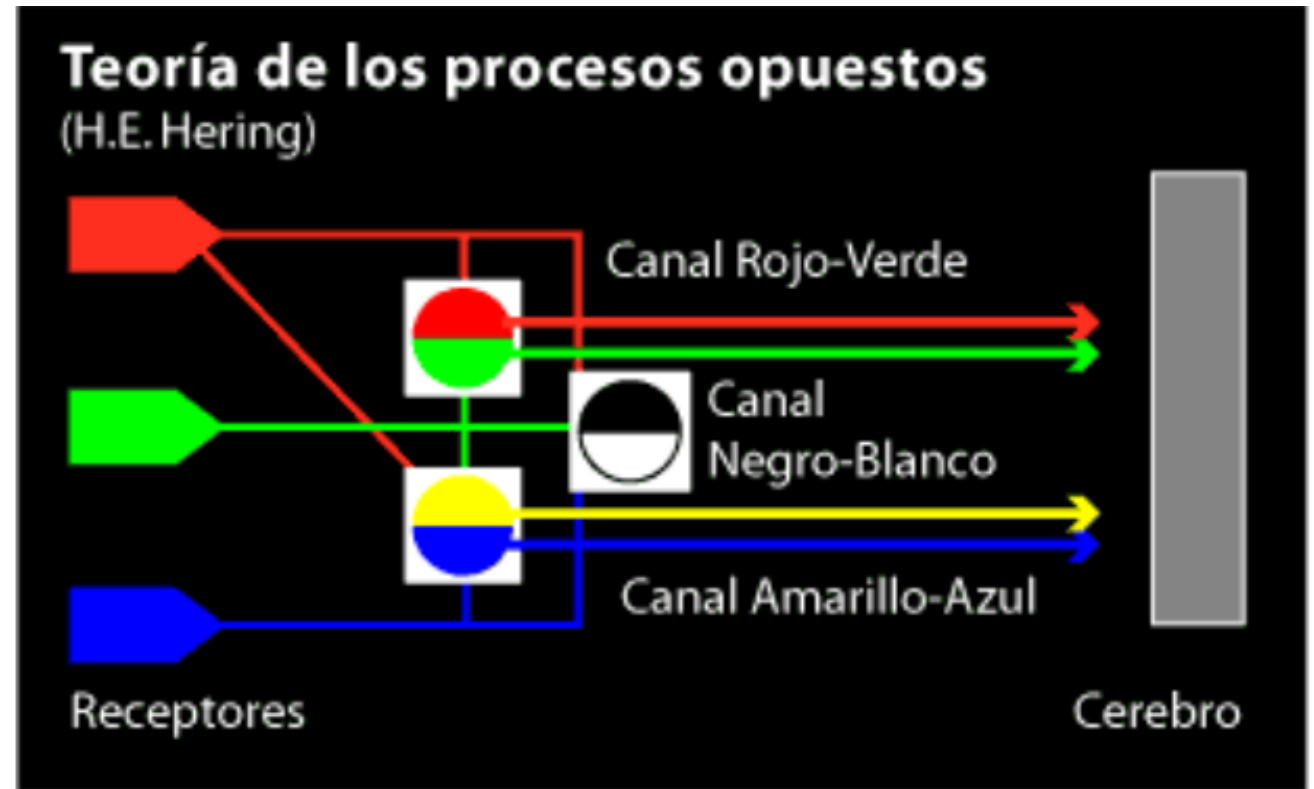
d) Posefecto de color. Si un observador fija su vista en una superficie coloreada durante cierto tiempo y, a continuación, cambia su mirada a una superficie blanca, esta superficie adquirirá la apariencia del color oponente al que tenía la primera superficie.

El posefecto de color está íntimamente relacionado con el fenómeno de **adaptación cromática** que consiste en la pérdida de sensibilidad para un determinado matiz como consecuencia de una exposición repetida a ese mismo matiz.

Ernst Mach propuso la existencia de seis colores fundamentales: rojo, verde, azul, amarillo, blanco y negro.

¿Qué es la teoría del color oponente?

La teoría del **color** del **oponente** sugiere que hay tres canales **oponentes**: rojo contra verde, azul contra amarillo y negro contra blanco (el último tipo es acromático y detecta la variación entre la luz y la oscuridad, o la luminancia). Las respuestas a un **color** de un canal **oponente** son antagónicas a las del otro **color**.



3.2. Teoría de Hering

Sostuvo la existencia de 6 colores fundamentales relacionados en pares amarillo-azul, rojo-verde y blanco-negro. Sin embargo, su teoría de los receptores defendía la existencia de tres sistemas retinianos.

Para Hering, cada receptor estaba preferentemente dedicado al procesamiento de un par de colores oponentes y la respuesta de los receptores no era monofásica (excitatoria), sino bifásica (excitatoria e inhibitoria).

Hering asumió la existencia de tres sustancias vitales en la retina, cada una capaz de experimentar un cambio químico en una de dos direcciones antagónicas. Hering llamó a estos cambios **asimilación** y **desanimación** y relacionó la fase de asimilación de cada sustancia con la codificación del azul, el verde y el negro, y la fase de desasimilación con la codificación del amarillo, el rojo y el blanco respectivamente. Cada uno de los tres pares, amarillo-azul, rojo-verde y blanco-negro el primer miembro del par estaba asociado con la reasimilación y el segundo con la asimilación.

La teoría preferida fue la teoría tricromática, aunque von Kries y posteriormente Müller y Schrödinger manifestaron que las dos teorías no tenían por qué ser incompatibles. Ambas podían ser correctas pero en fases diferentes del procesamiento del color.

3.3. Teoría de Hurvich y Jameson

Utilizaron un procedimiento psicofísico conocido como experimento de **cancelación de matiz**. En este tipo de experimento, **se pide al observador** que juzgue si una luz de prueba tiene apariencia, por ejemplo, rojiza o verdosa.

- **Si la apariencia es rojiza**, el observador debe añadir una luz verde hasta cancelar la impresión de luz rojiza.
- **Si aparece verdosa**, la luz que debe añadir es la roja.

La idea central en el procedimiento consiste en la cancelación mutua de los matices oponentes de forma que, una vez que el matiz rojo o verde de la luz de prueba ha sido cancelado, la luz de prueba, más la luz añadida para cancelar, adquiere una tonalidad amarilla, azul o gris.

Se utiliza luz amarilla para cancelar el azul y luz azul para cancelar la amarilla.

El matiz rojo está presente en las longitudes de onda bajas aunque en menor medida que en las altas; en las longitudes de ondas medias predomina exclusivamente el verde.

Hurvich y Jameson **propusieron una teoría de la codificación del color de dos fases** que reconciliaba la teoría tricromática de Helmholtz con la teoría de los procesos oponentes de Hering.

La teoría tricromática era fundamentalmente correcta en el nivel de los receptores puesto que solamente existían tres tipos de fotorreceptores en la retina que se activaban en distinto grado ante cada longitud de onda. Sin embargo, en una segunda fase se producía una nueva codificación en términos de procesos oponentes de forma que determinados mecanismos cerebrales codificaban el par rojo-verde mientras otros mecanismos codificaban el par azul-amarillo. Hurvich y Jameson postularon además la existencia de un tercer mecanismo no oponente para el par blanco-negro encargado de procesar la claridad.

El modelo de Hurvich y Jameson postulaba la existencia de determinados mecanismos neuronales para explicar los datos psicofísicos, pero no estaba apoyado en evidencia fisiológica directa.

3.4. Investigaciones de DeValois

Descubrió en el núcleo genicular lateral (NGL) del tálamo de primates, células que respondían de los procesos oponentes.

Unas células eran activadas por la luz roja e inhibidas por la luz verde y otras respondían de forma opuesta, se activaban ante la luz verde y eran inhibidas por la luz roja. Lo mismo ocurría para el par azul-amarillo.

Además **encontraron células no oponentes**, algunas de las cuales eran excitadas por cualquier tipo de longitud de onda e inhibidas por la ausencia de luz y tras que eran activadas por la ausencia de luz e inhibidas por su presencia. Las células descubiertas por De Valois y colaboradores presentaban un patrón de codificación del color que estaba de acuerdo con la teoría de los procesos oponentes.

5. CATEGORIZACIÓN DEL COLOR (en el curso 2023 no entra como material de exámen)

El espectro visible está formado por una banda continua de longitudes de onda que, en términos generales, se extiende entre los **400 y 700 nm**.

El mundo de los colores,. al igual que otros aspectos perceptivos, está abierto al **aprendizaje discriminativo y es también el resultado de influencias culturales** que, mediante la creación de categorías perceptivas, nos enseñan a ver el mundo de una forma determinada.

Durante algún tiempo se pensó en términos de mero relativismo cultural: las personas de distintas culturas aplican nombres distintos a los colores de acuerdo con su apariencia.

La forma en que las distintas culturas fragmentan el espectro luminoso en categorías de color era arbitraria.

Berlín y Kay hicieron un estudio sobre los términos básicos del color que demostró la existencia de unas tendencias comunes entre las distintas culturas.

Comenzaron por definir como términos básicos de color aquellos que reuniesen las siguientes condiciones:

- Debían ser términos formados por un único lexema.
- Debían ser términos referidos preferentemente al color y no a un objeto o material determinado del que el color tomara nombre.
- Los términos debían ser ampliamente utilizados para designar el color de una gran variedad de objetos, lo que excluía términos locales tales como rubio o moreno.
- Los términos debían tener una frecuencia alta de uso en la lengua de la cultura estudiada.

Encontraron que en todo momento el conjunto de lenguas estudiadas se podían discriminar doce términos básicos de color: rojo, verde, amarillo, azul, blanco, negro, gris, marrón, rosa, naranja, púrpura y un azul claro.

Posteriormente, Kay y McDaniel ampliaron este conjunto de 12 a 16. Los cuatro términos añadidos fueron: cálido (rojo o amarillo), frío (azul o verde), claro- cálido (blanco o rojo o amarillo) y frío-oscuro (negro, verde o azul).

El segundo descubrimiento que Berlin y Kay hicieron fue la utilización de únicamente 22 conjuntos diferentes de colores de entre los millones de conjuntos que pueden realizarse con esos 16 términos básicos para designar los colores.

Los resultados de Berlin y Kay han puesto de manifiesto que los términos básicos de color se mueven en torno a los **6 colores fundamentales** que Hering había postulado, aunque el modo de agrupamiento en cada cultura sea diferente.

Berlin y Kay investigaron la manera de llevar a cabo la categorización de los colores. Para ello utilizaron un gran número de fichas de distintos colores y pidieron a los sujetos que las clasificaran en distintas categorías.

Encontraron que la tendencia predominante en los participantes era la de agrupar las fichas de colores en torno a un conjunto de colores fundamentales que actuaban como colores focales mientras que los límites entre las diferentes categorías utilizadas eran mucho más difusos.

Las categorías conceptuales referentes a los colores están organizadas de forma que unos colores determinados son los más representativos y actúan como prototipo de la categoría, mientras que el resto se categoriza por semejanza con los distintos prototipos que sirven de puntos focales.

Zeki y Marini han utilizado escenas de objetos reales que en unos casos eran acromáticas y en otros estaban dotadas de color. Además, en este último caso, los colores podían ser apropiados para los objetos representados o ser inapropiados. Utilizaron RMf para registrar la actividad cerebral de los participantes ante la proyección de las escenas.

Los resultados mostraron que, al comparar las actividades producidas por los objetos con colores apropiados con las producidas por los mismos objetos pero acromáticos, se producía una mayor activación del giro fusiforme pero, en este caso, implicaba a zonas del giro fusiforme que no se activaban ante la presencia de un Mondrian. Otras zonas que también se activaron diferencialmente fueron el giro parahipocampal y el mismo hipocampo.

Estas zonas no se activaron cuando los objetos mostraban colores inapropiados.

Estas estructuras neuronales no llevan a cabo un análisis abstracto del color sino que están relacionadas con la interacción del color con los objetos y con la memoria de los colores de los objetos.