

ÓPTICA VISUAL

(3º Óptica y Optometría; curso 2010-2011)

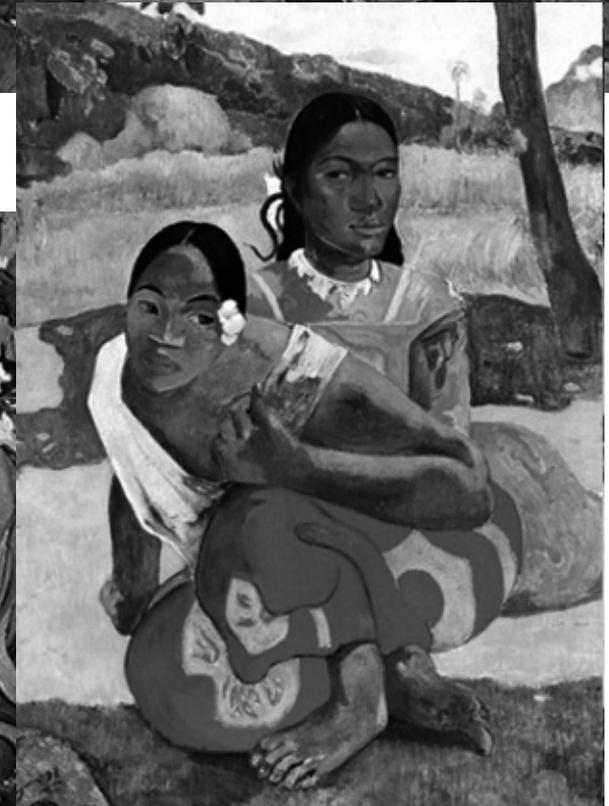
Introducción a la visión del color

1. Introducción.
2. Trivariancia visual. Mezclas cromáticas aditivas.
3. Especificación del color. Diagramas cromáticos.
4. Apariencia del color.
5. Anomalías y deficiencias de la visión cromática.



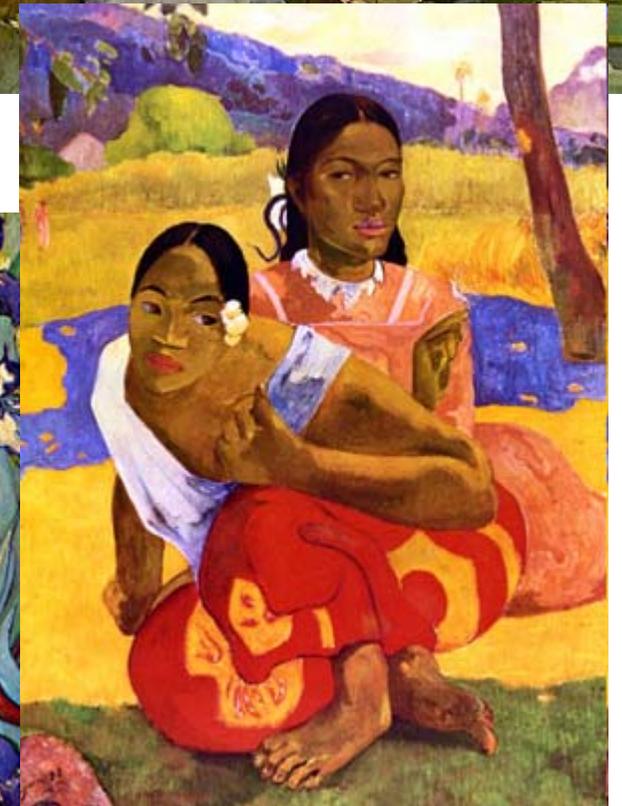
1. Introducción

1. Introducción



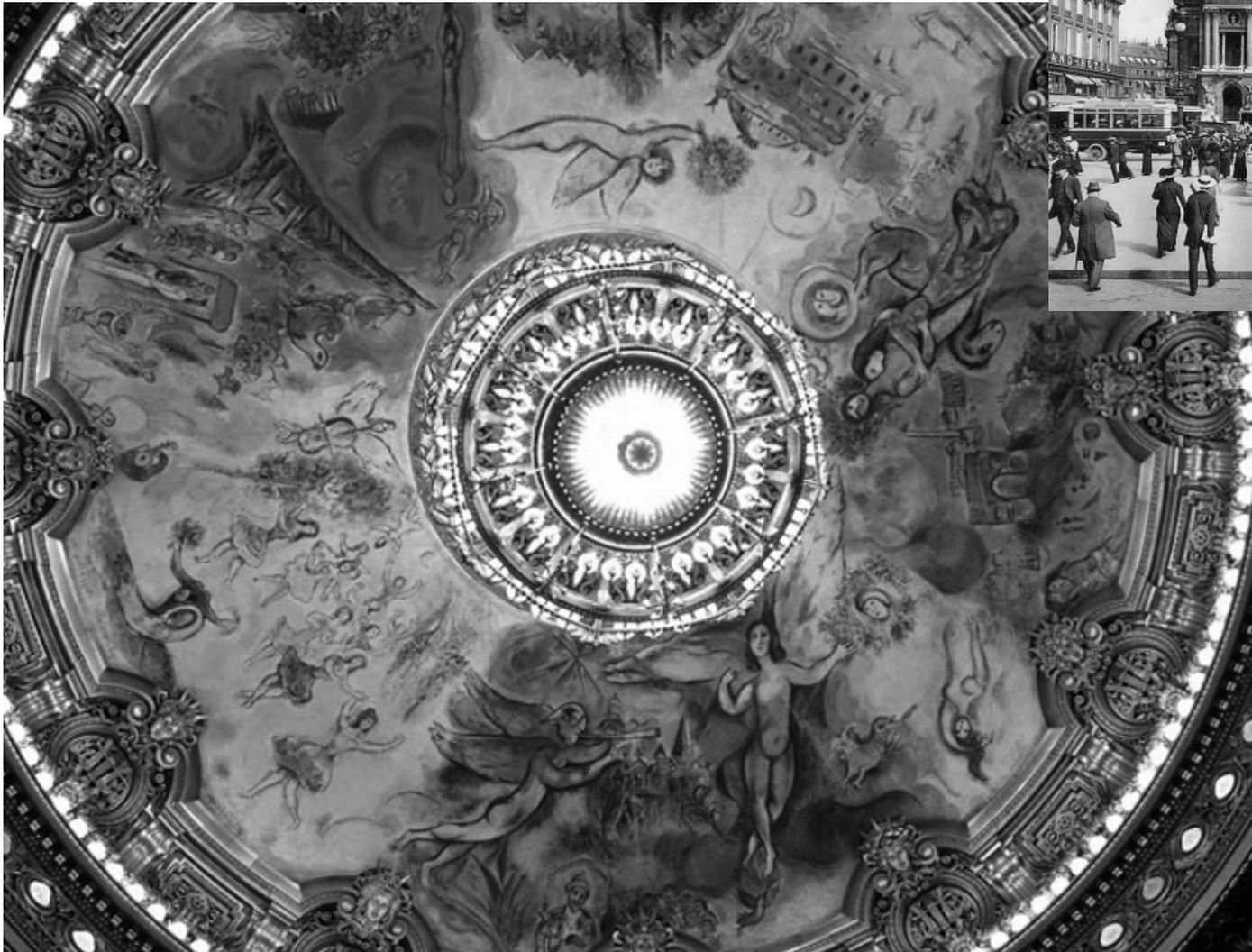
1. Introducción

Color!



1. Introducción

Importancia del color:



1. Introducción

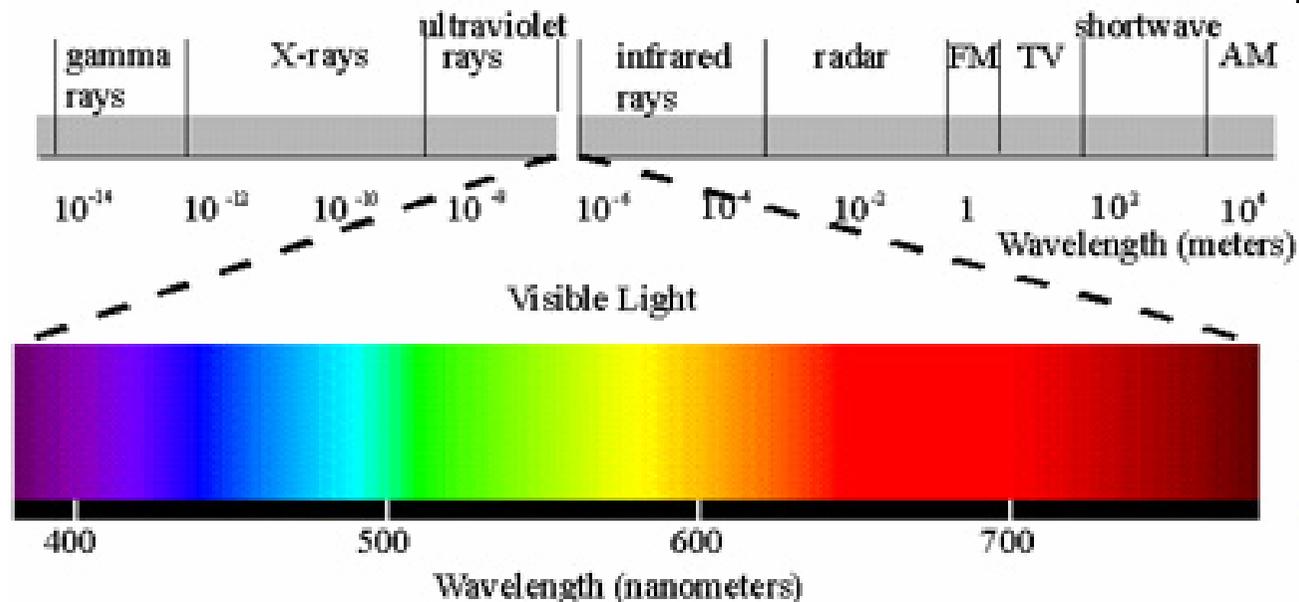
Importancia del color:



1. Introducción

Color y Sensación visual:

El color NO es una propiedad de la luz, sino una sensación visual vinculada a una fracción del espectro electromagnético llamado “visible”.





1. Introducción

Definición: *color percibido es la característica de la percepción visual mediante la cual un observador puede distinguir diferencias entre dos campos de igual forma, tamaño y textura, basándose en las diferencias de composición espectral de la radiación que observa.*



1. Introducción

Las características de cada color son:

-*Tono*, indica el “color”.





1. Introducción

Las características de cada color son:

-*Tono*, indica el “color”.





1. Introducción

Las características de cada color son:

-*Tono*, indica el “color”.



Este cuadro es de color ...?

Amarillo

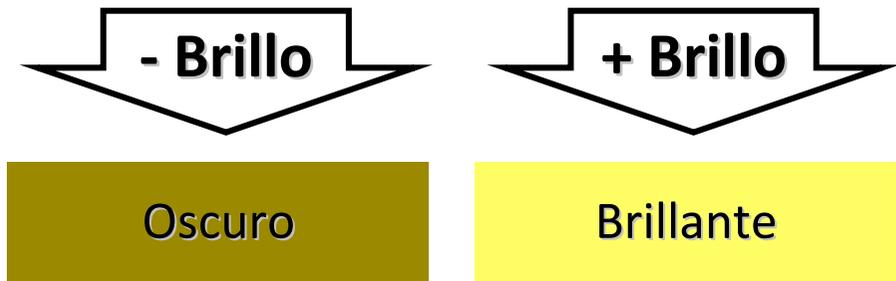
1. Introducción

Las características de cada color son:

-*Tono*, indica el “color”.



-La *luminosidad*, indica si tiene más o menos luz.



*Mismo color, reduciendo
/aumentando el blanco*

1. Introducción

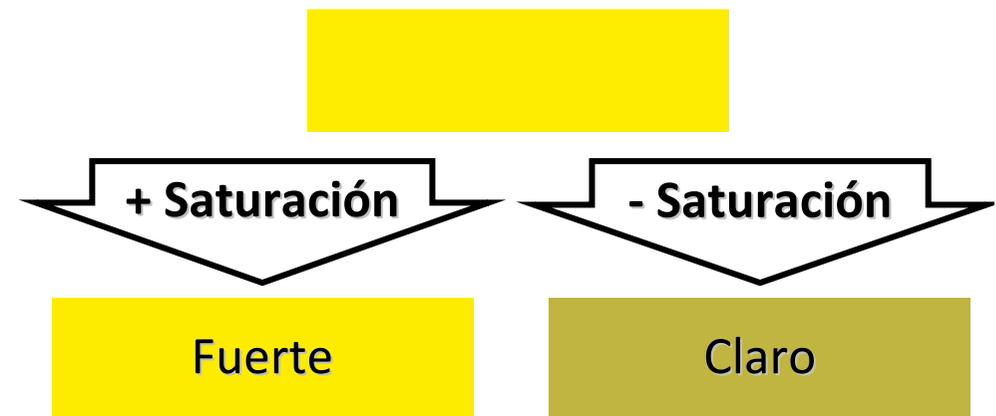
Las características de cada color son:

-*Tono*, indica el “color”.



-La *luminosidad*, indica si tiene más o menos luz.

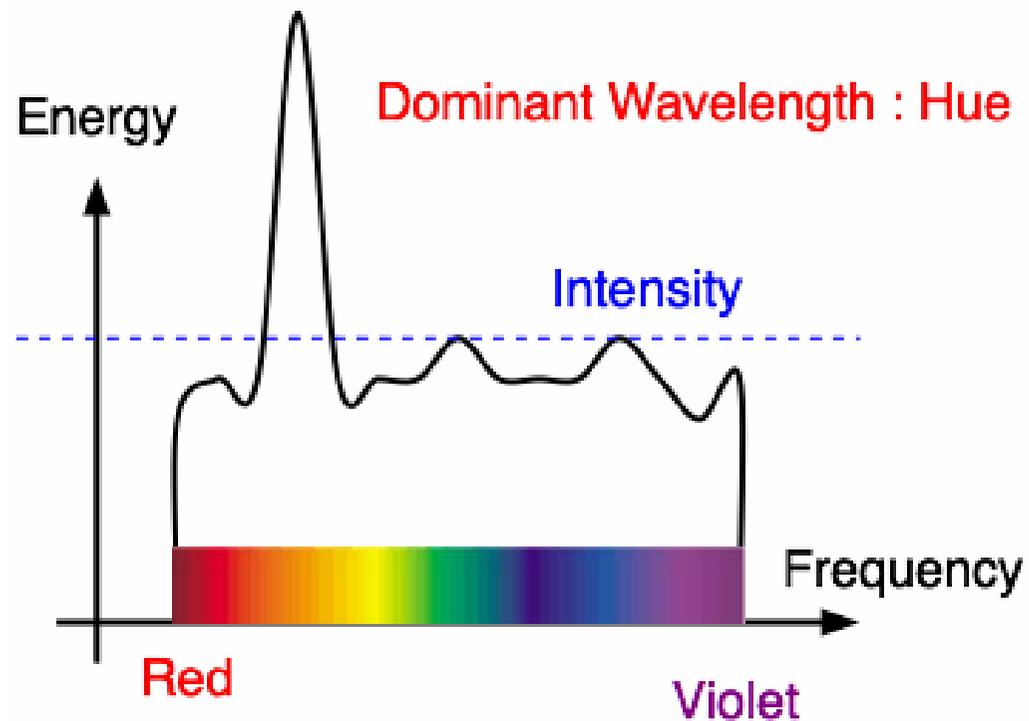
-*Saturación*, color en proporción a la luminosidad.



Misma luminancia, pero más/menos color

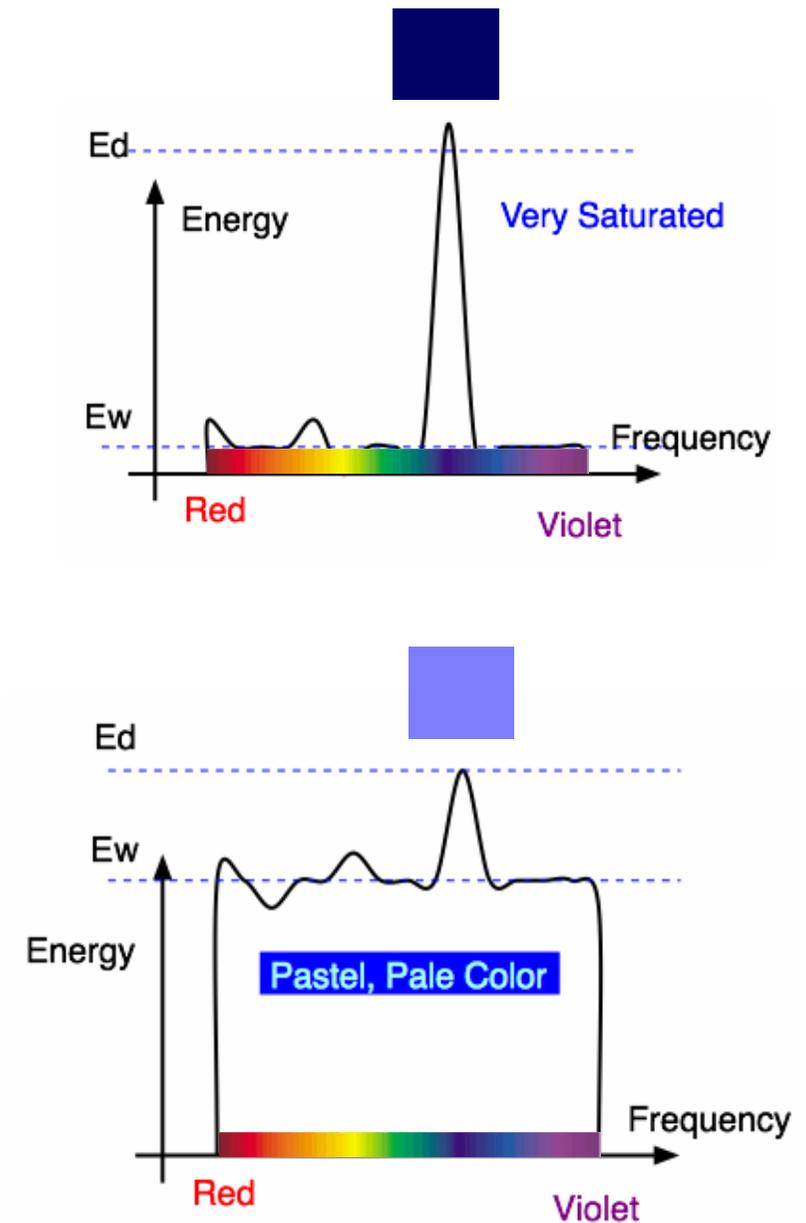
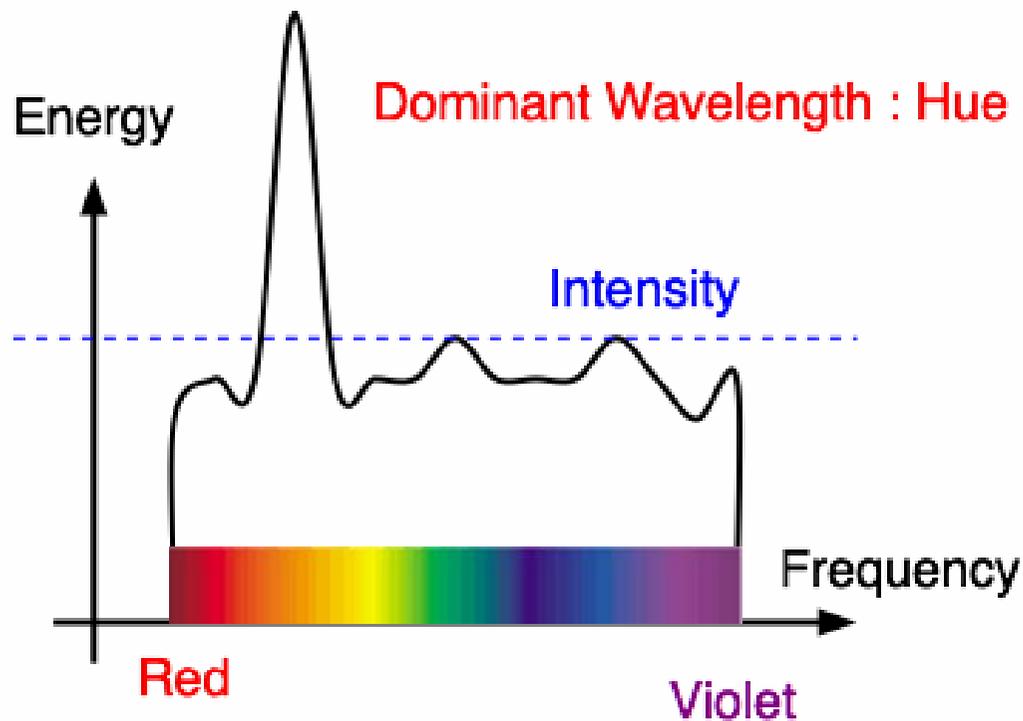
1. Introducción

Saturación (*Hue*):



1. Introducción

Saturación (*Hue*):





2. Trivariancia visual



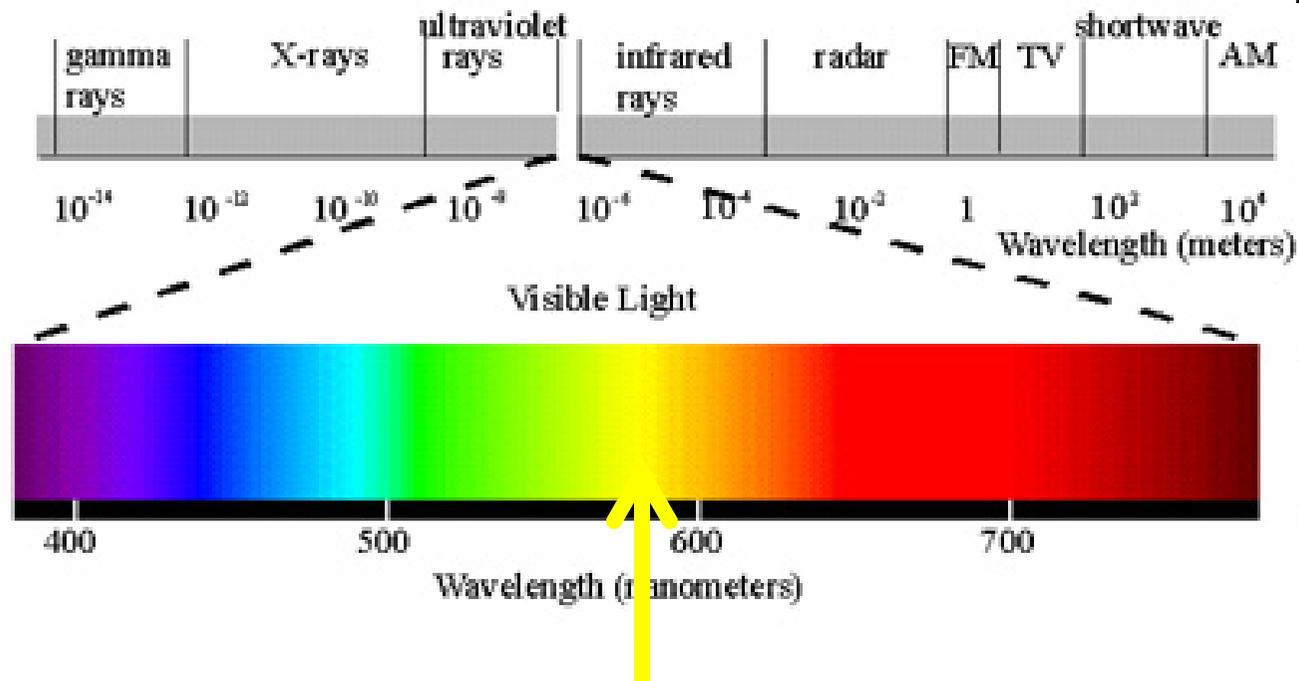
2. Trivariancia visual

La sensación de color depende de las características del sistema visual, no es fija, y no está relacionada sólo con la longitud de onda.

Metamerismo: posibilidad de ver iguales dos colores compuestos por longitudes de onda diferentes.

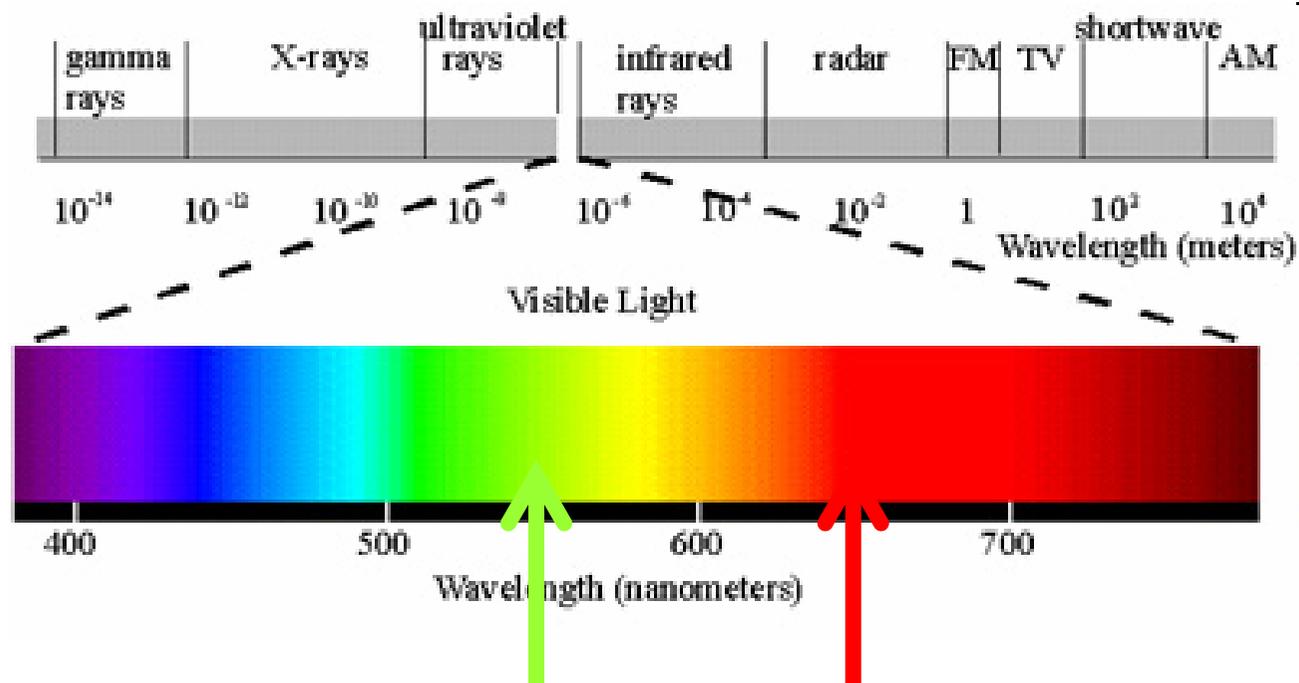
2. Trivariancia visual

Una fuente que emite en **580 nm** se ve amarilla.



2. Trivariancia visual

Pero si se combinan dos tonos metámeros (**550** + **650** nm), se obtiene la misma sensación visual, luego serían metámeros.





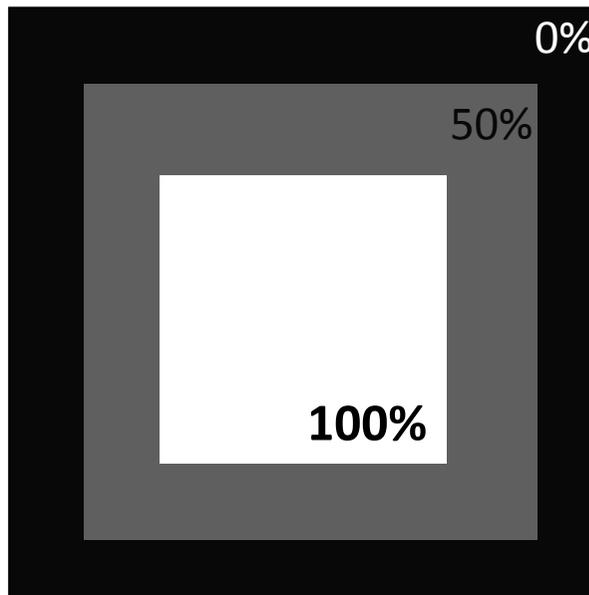
2. Trivariancia visual

Varianza del color: número de parámetros necesarios para describir el perfil cromático de un estímulo.

2. Trivariancia visual

Si NO se discrimina la longitud de onda (visión escotópica), sólo varía la **luminancia**.

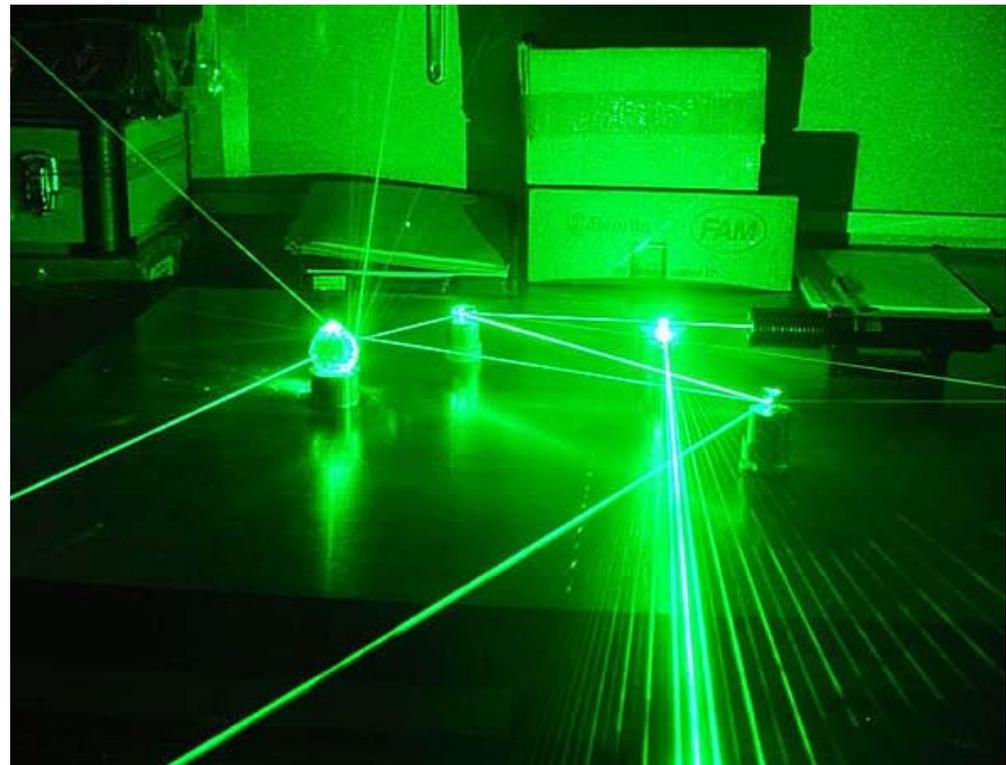
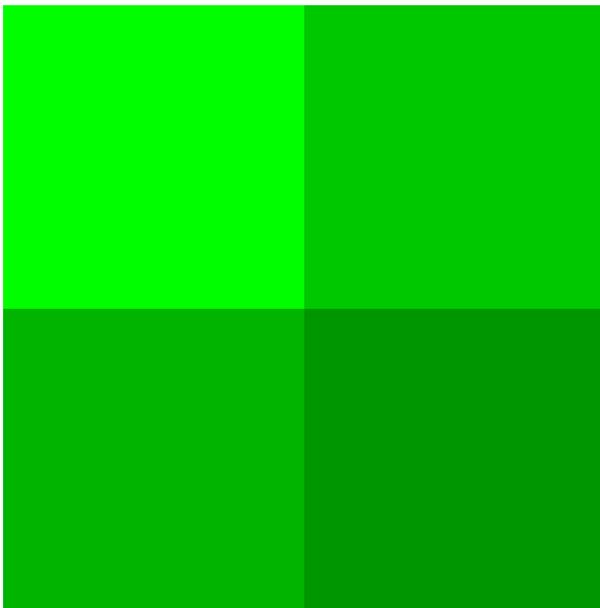
Varianza escala grises:
luminancia (0-100%)



2. Trivariancia visual

Si el estímulo posee una longitud de onda determinada, su varianza tiene 2 parámetros.

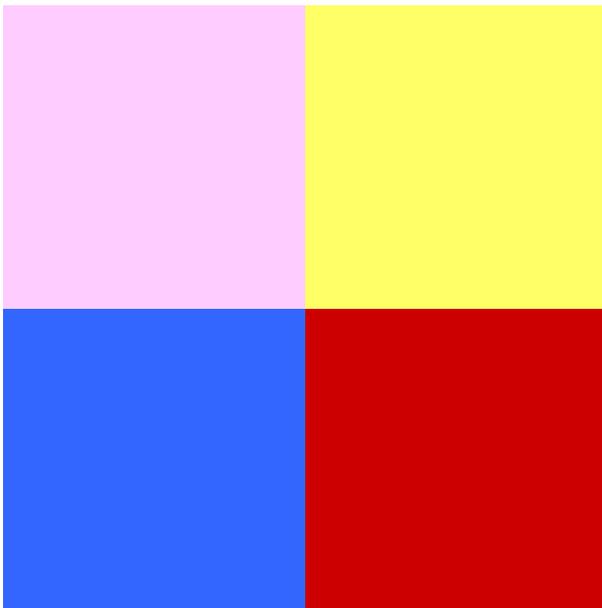
Varianza monocromática:
 λ y luminancia



2. Trivariancia visual

Si el estímulo tiene n longitudes de onda, la varianza es $2n$.

Varianza policromática:
 $(n * \lambda) + (n * \text{luminancias})$





2. Trivariancia visual

Varianza en la visión del color:

En nuestra retina, la varianza es como máximo de 3, debido a que sólo hay 3 tipos de células (conos) con 3 espectros de absorción:

-Conos S (*short*).

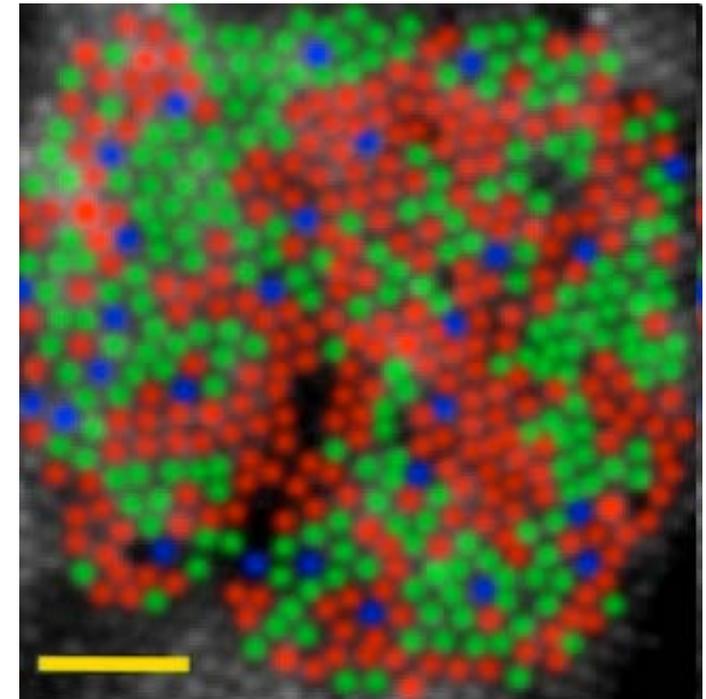
-Conos M (*medium*).

-Conos L (*long*).

2. Trivariancia visual

Varianza en la visión del color:

- Los conos NO son capaces de discriminar la luminancia (son células ON/OFF).
- La discriminación cromática se obtiene por integración de estímulos visuales.



Mosaico de conos



3. Especificación del color.

Diagramas cromáticos



3. Especificación del color.

- En Colorimetría se especifican numéricamente las características de un estímulo que es igualmente percibido por el observador normal.
- Esto permite estimar objetivamente el color.
- Suele estar basado en 3 estímulos primarios que, mezclados, igualan otro estímulo.



3. Especificación del color.

Sistema RGB: *Red* (700 nm), *Green* (546.1 nm),
y *Blue* (435.8 nm).

$$E_{\text{blanco}} \equiv \underset{\uparrow}{R} \cdot E_R + \underset{\uparrow}{G} \cdot E_G + \underset{\uparrow}{B} \cdot E_B$$

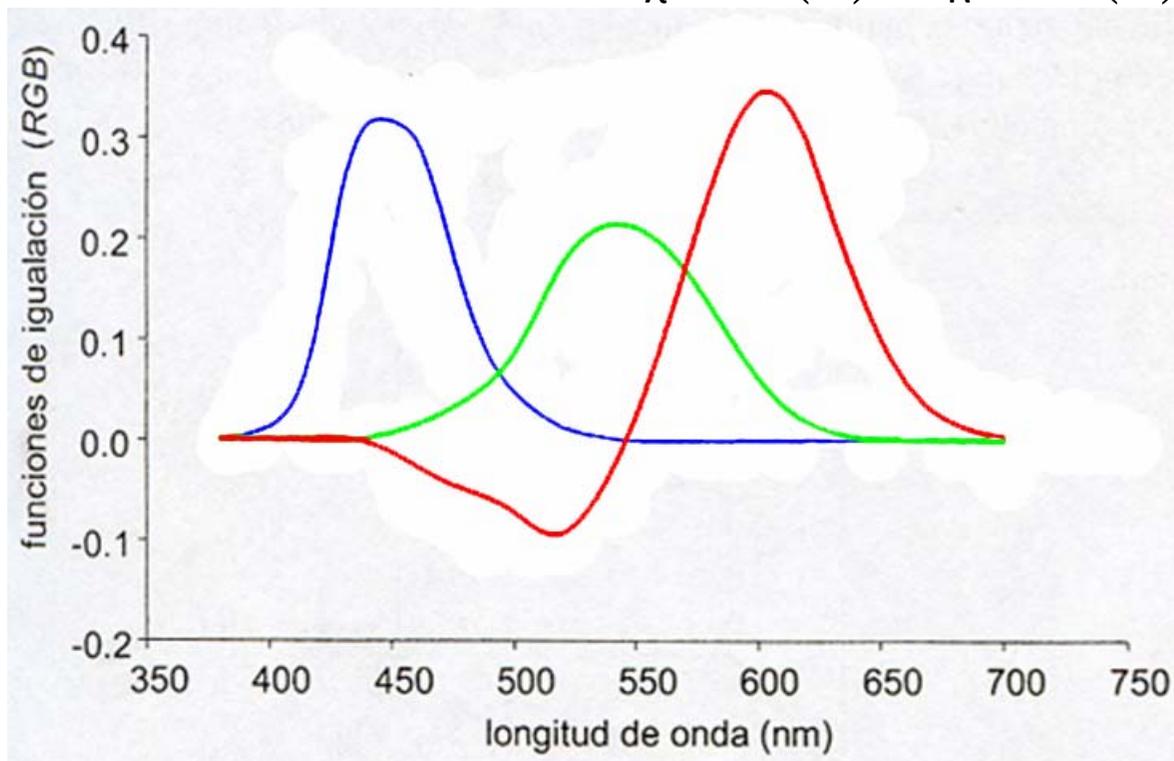
Valores triestímulo

Metámeros: estímulos que se perciben iguales,
aunque tengan diferente composición espectral.

3. Diagramas cromáticos

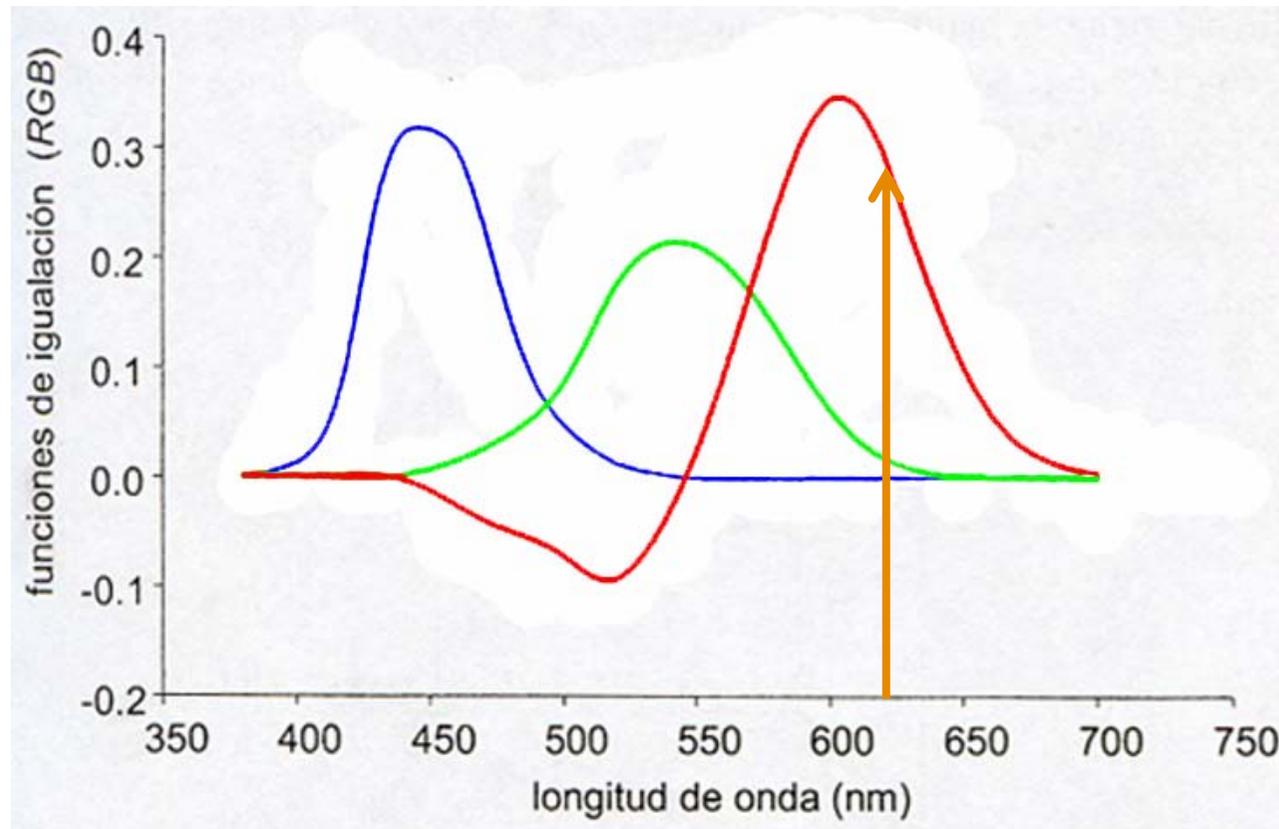
Igualación del color: estímulo monocromático
(λ) descrito con 3 valores (r, g y b):

$$E_{\lambda} \equiv \bar{r}(\lambda) \cdot E_R + \bar{g}(\lambda) \cdot E_G + \bar{b}(\lambda) \cdot E_B$$



3. Diagramas cromáticos

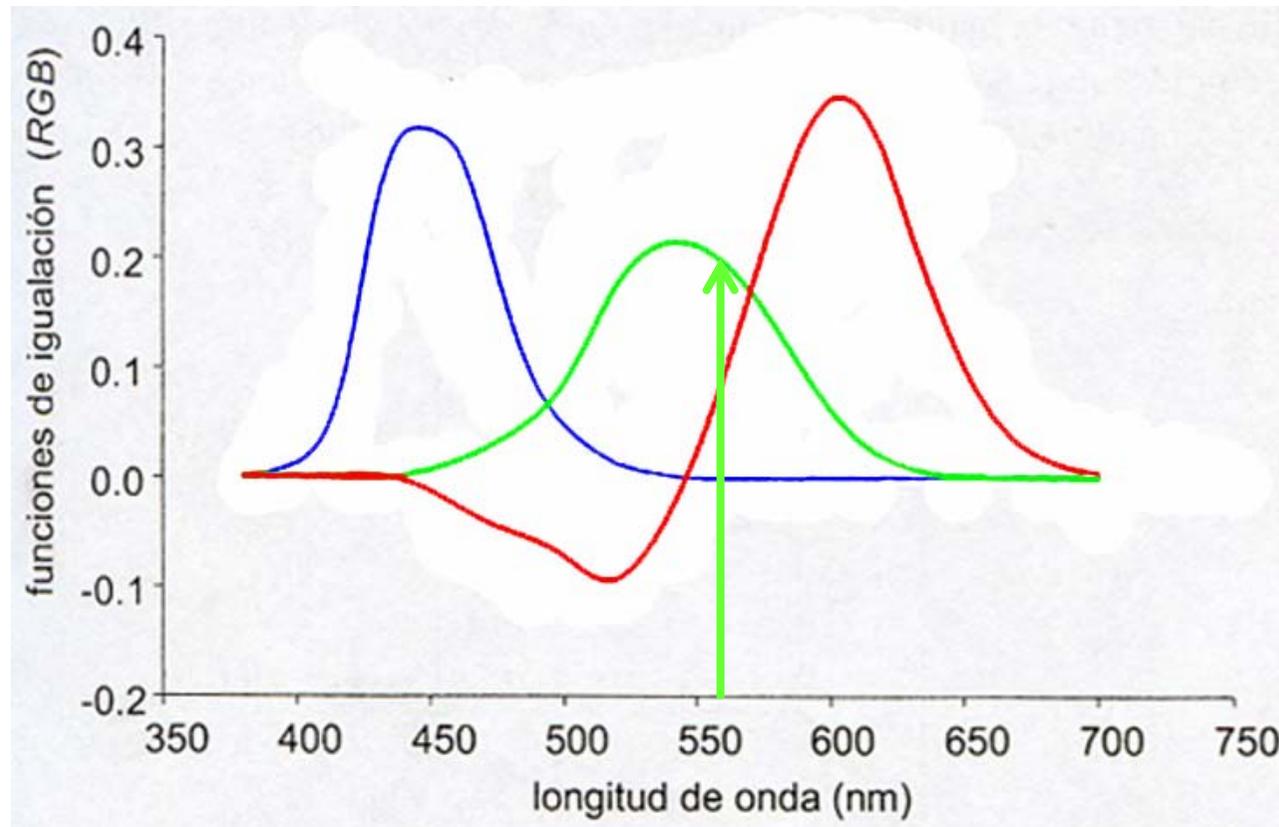
Naranja (620 nm): $E_{620} \equiv 0.297 \cdot E_R + 0.018 \cdot E_G$



3. Diagramas cromáticos

Verde (560 nm):

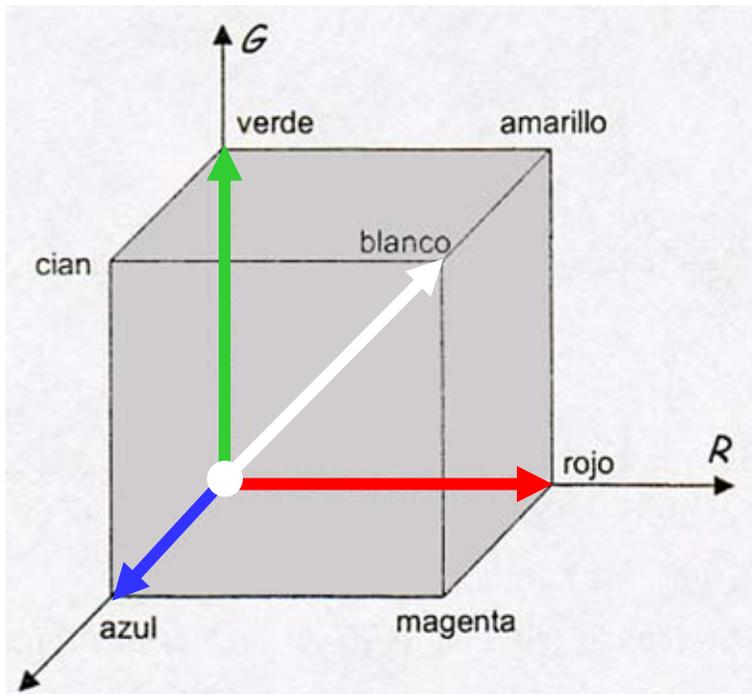
$$E_{560} \equiv 0.091 \cdot E_R + 0.197 \cdot E_G$$



3. Diagramas cromáticos

Representación vectorial del color:

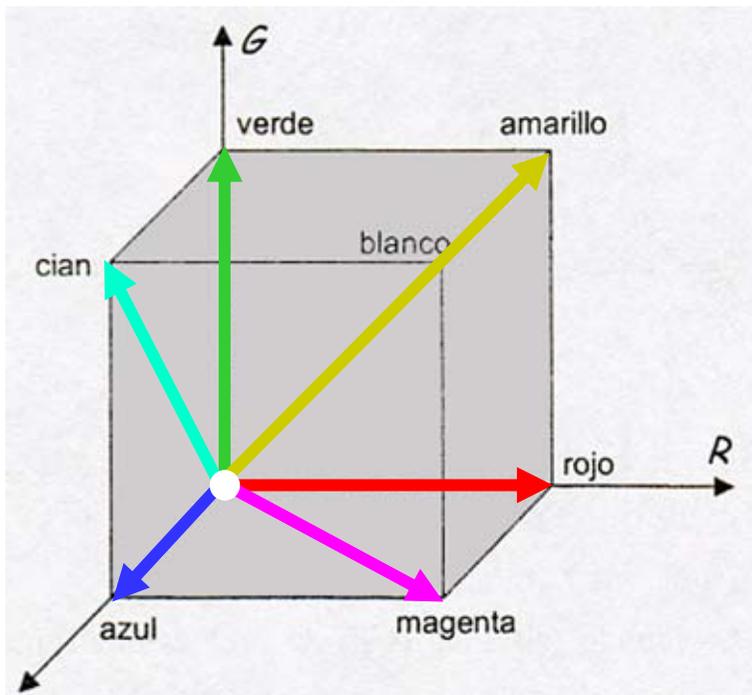
Colores primarios.



3. Diagramas cromáticos

Representación vectorial del color:

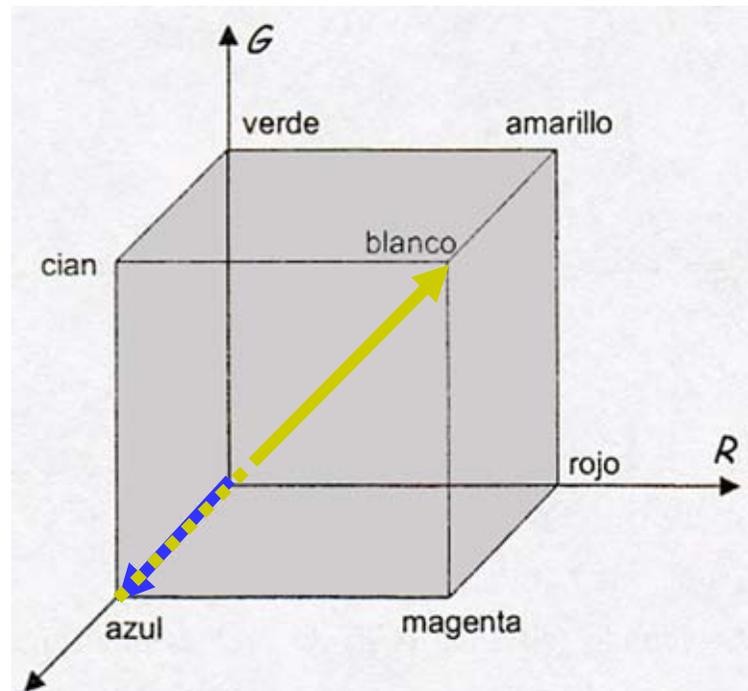
Colores secundarios.



3. Diagramas cromáticos

Colores complementarios: sumados dan blanco.

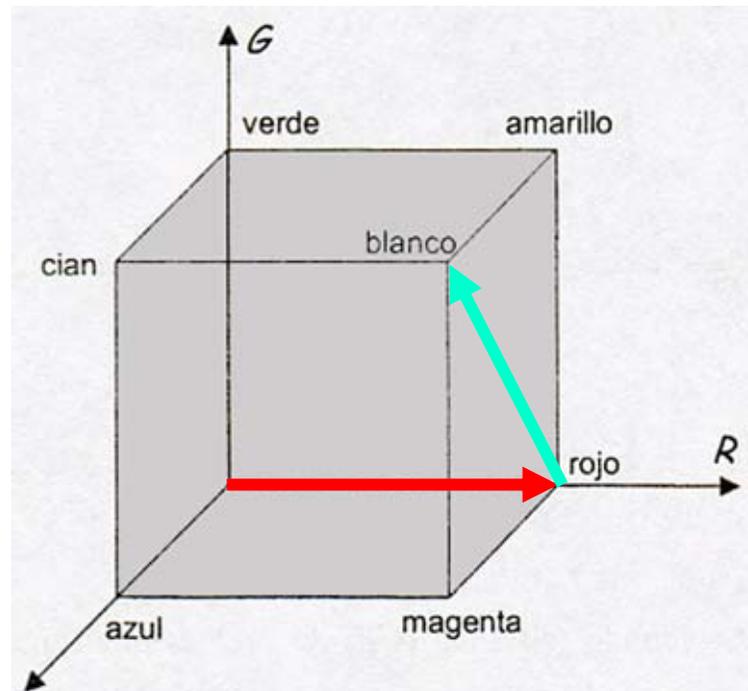
Azul (B=1)+Amarillo (R=1;G=1)



3. Diagramas cromáticos

Colores complementarios: sumados dan blanco.

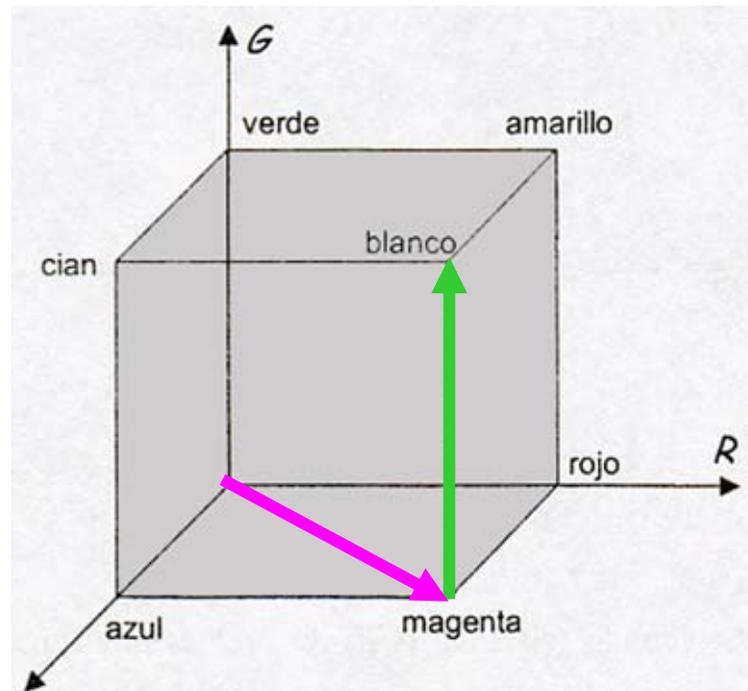
Rojo ($R=1$) + Cian ($G=1;B=1$)



3. Diagramas cromáticos

Colores complementarios: sumados dan blanco.

Verde (G=1) + Magenta (R=1;B=1)



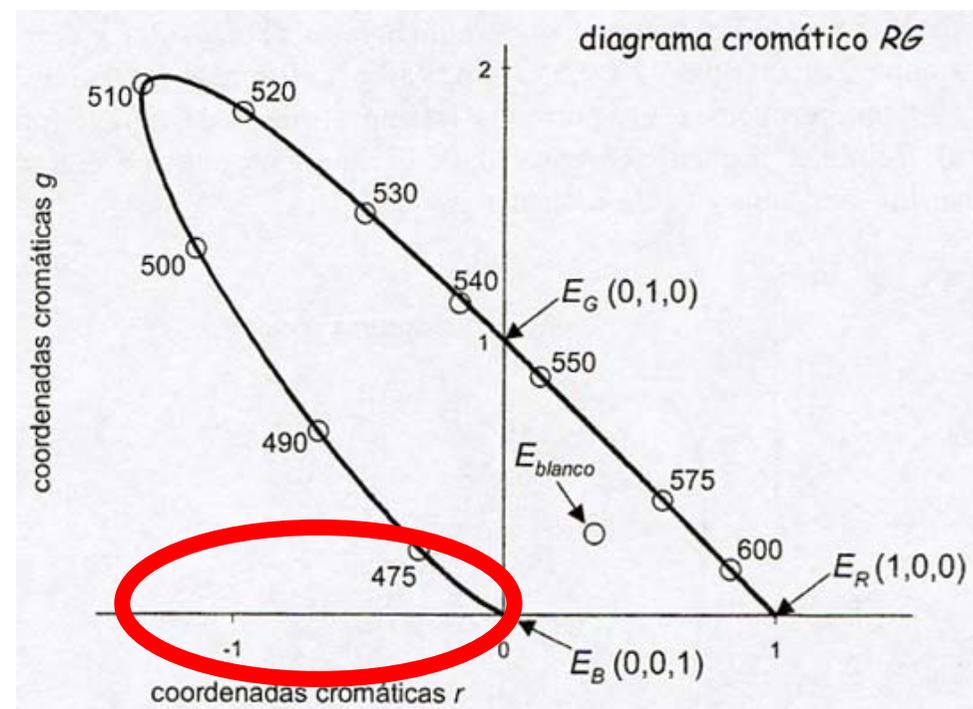
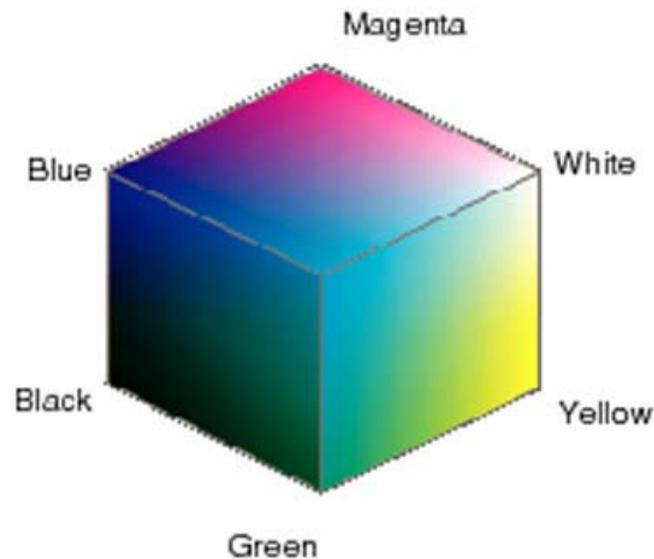
3. Diagramas cromáticos

Coordenadas cromáticas:

$$r = \frac{R}{R + G + B}$$

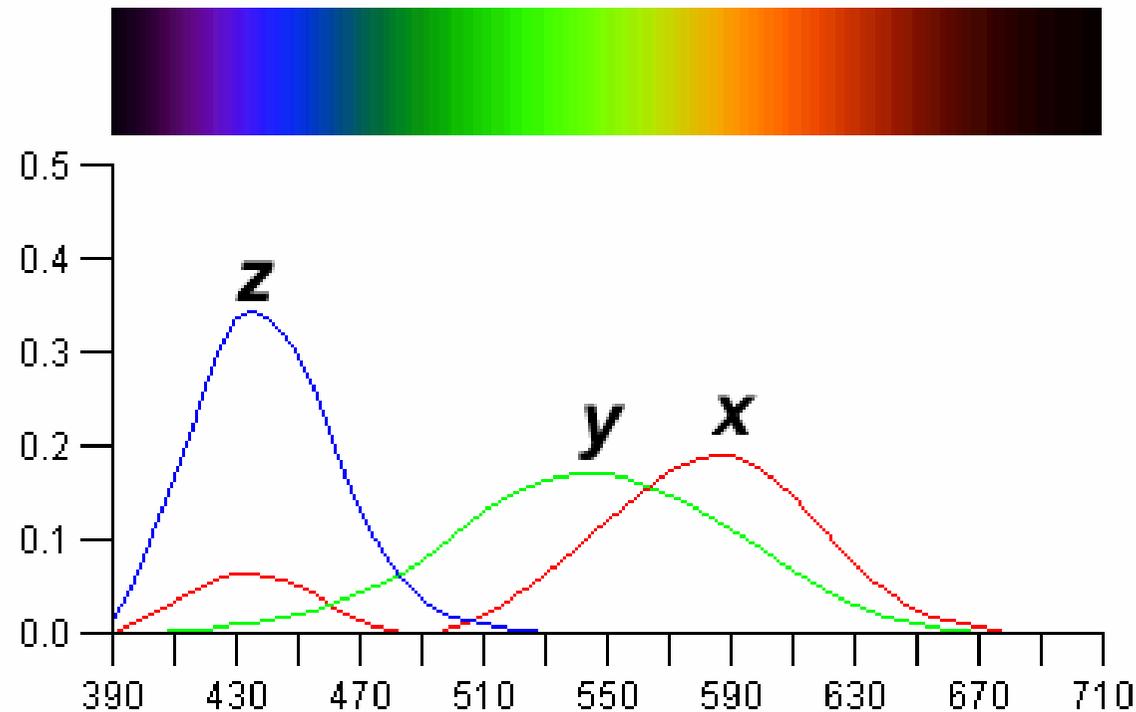
$$g = \frac{G}{R + G + B}$$

$$b = \frac{B}{R + G + B}$$



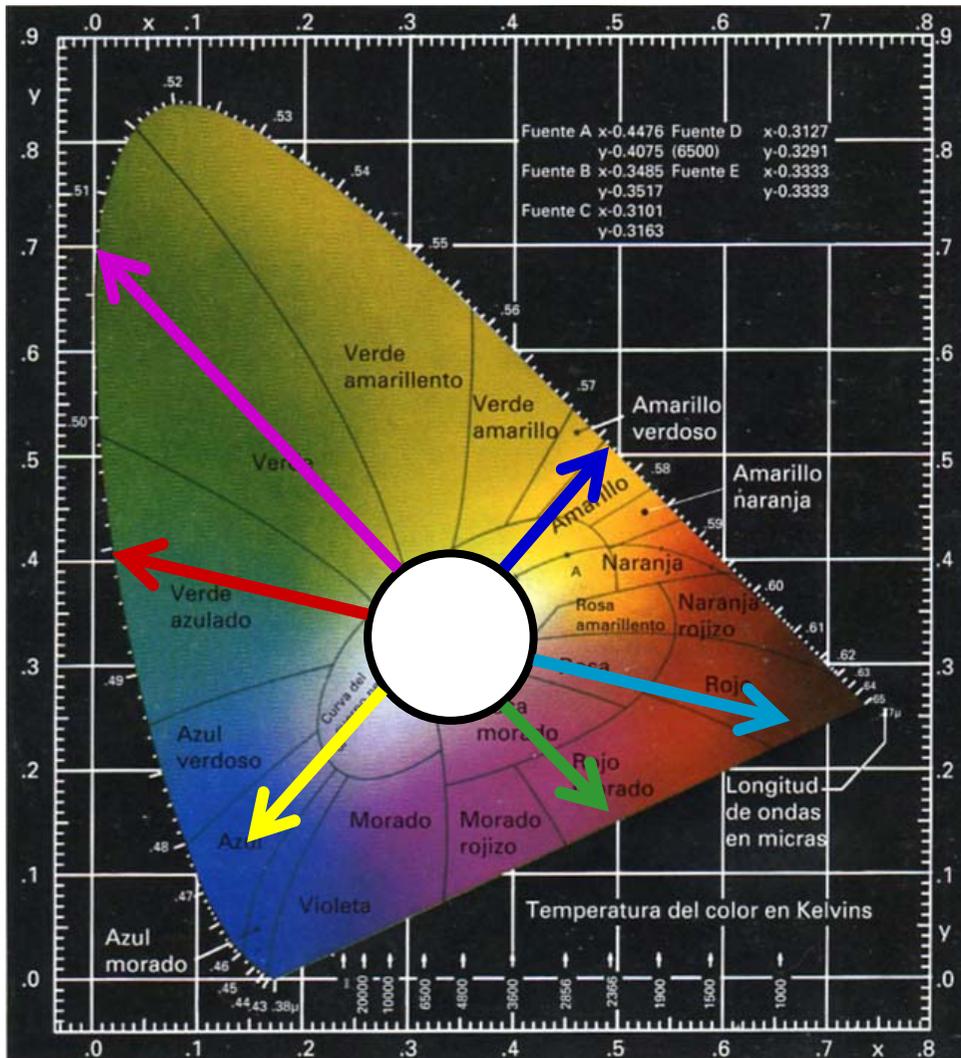
3. Diagramas cromáticos

Valores triestímulo: representa 3 colores imaginarios (X, Y, Z), que no requieren el uso de valores de estímulo negativos.



3. Diagramas cromáticos

Resultado: Diagrama cromático XY.



*Los complementarios
están en posiciones
opuestas respecto
del blanco.*

Azul+Amarillo

Rojo+Cian

Verde+Magenta

3. Diagramas cromáticos

Mezclas de colores:

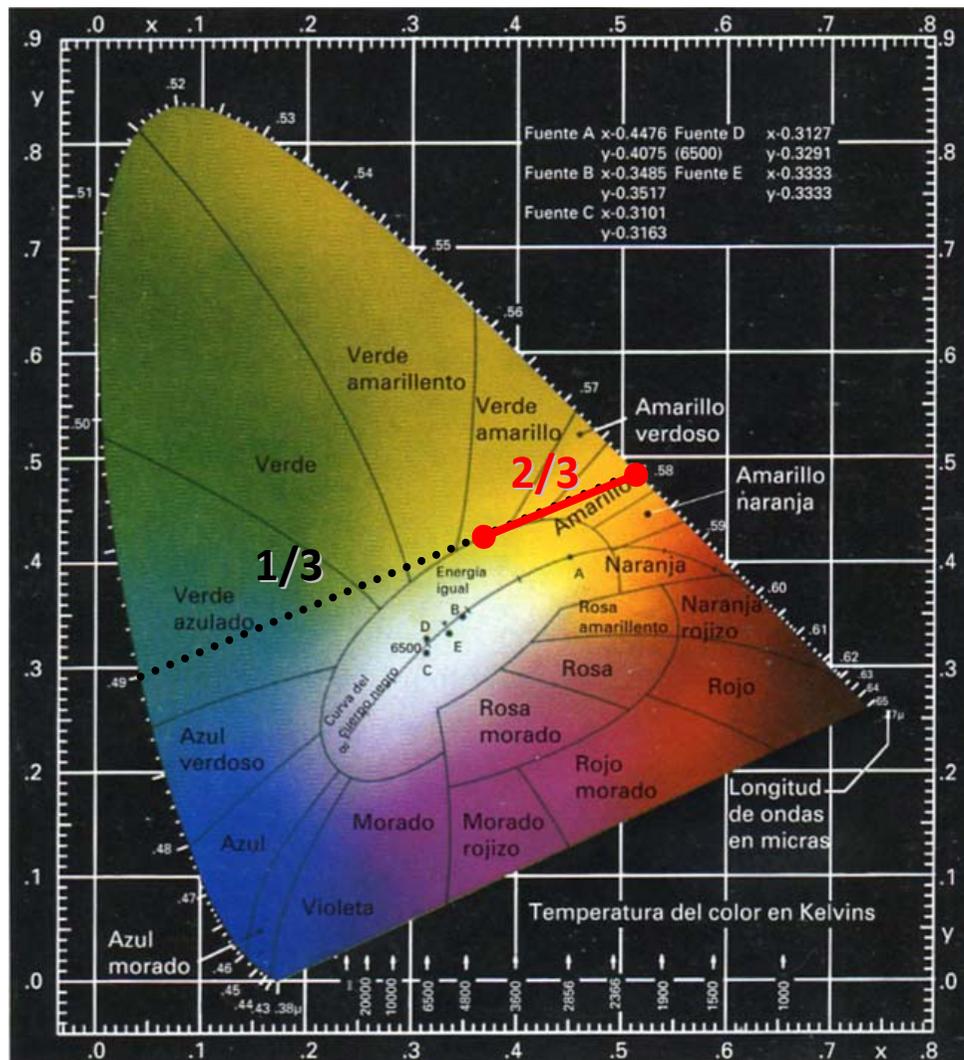
-Aditivas.



***Combinación
de fuentes de
iluminación***

3. Diagramas cromáticos

Mezclas cromáticas aditivas.

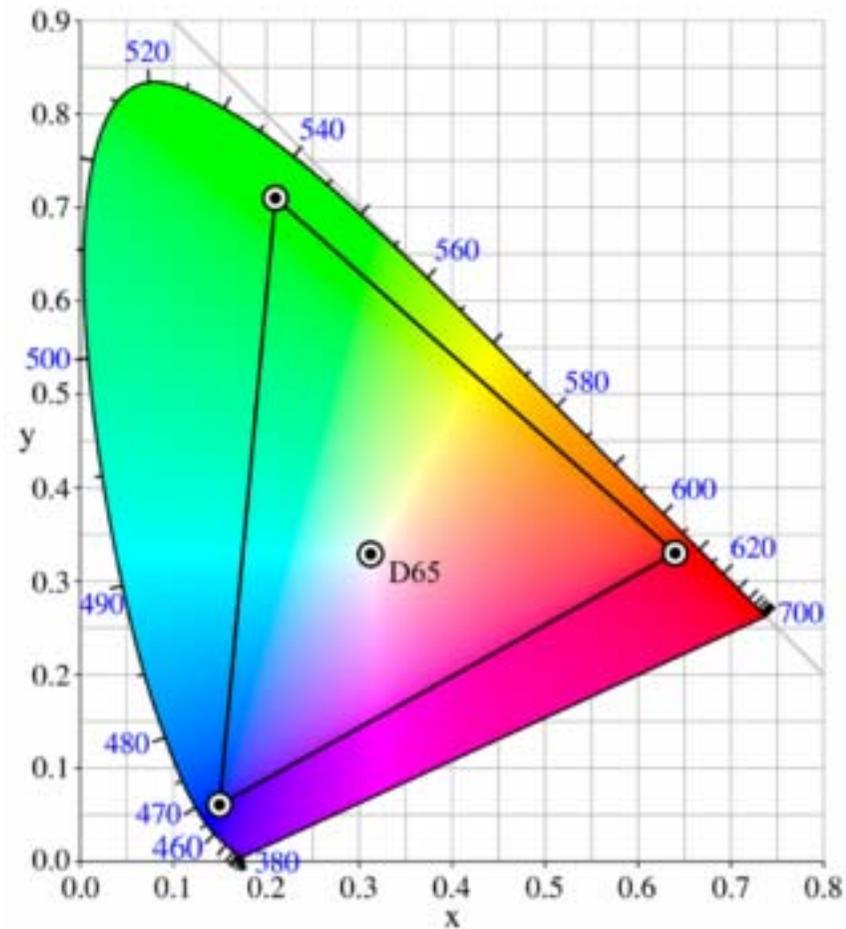


Fuente 1: $\lambda=490$ nm (1/3).

Fuente 2: $\lambda=580$ nm (2/3).

3. Diagramas cromáticos

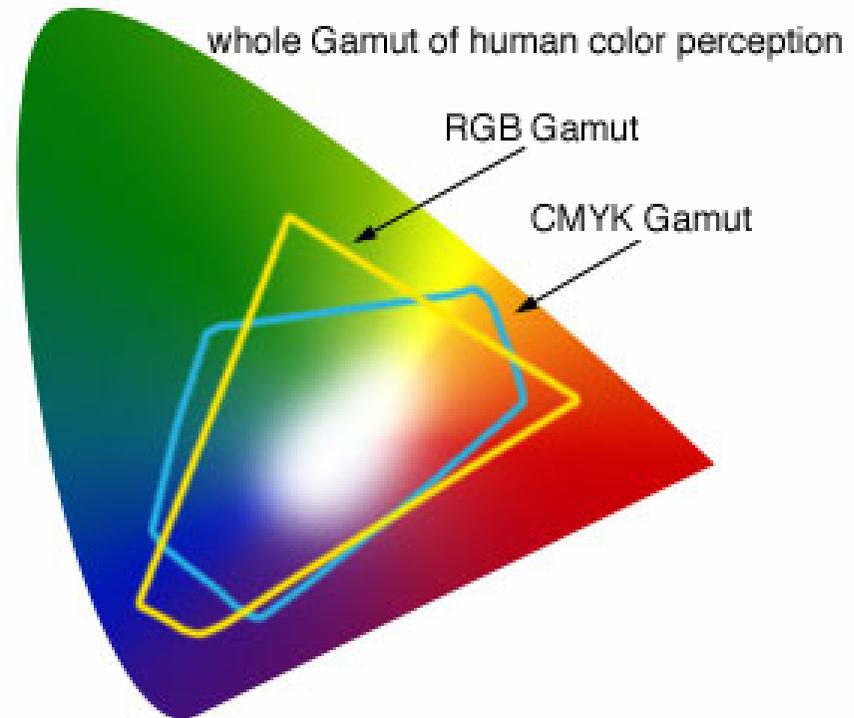
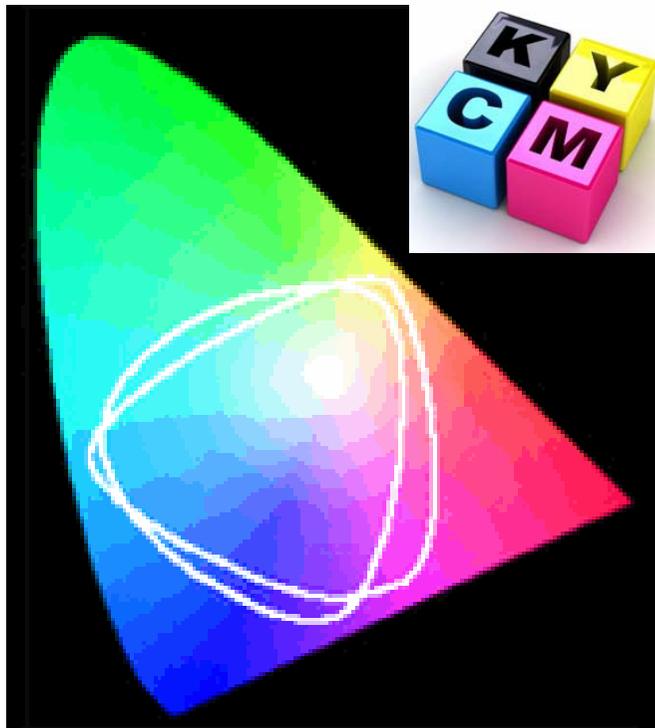
Uso en dispositivos (pantallas, impresoras, TV ...)



Adobe RGB (1998) color *gamut*

3. Diagramas cromáticos

Uso en dispositivos (pantallas, impresoras, TV ...)

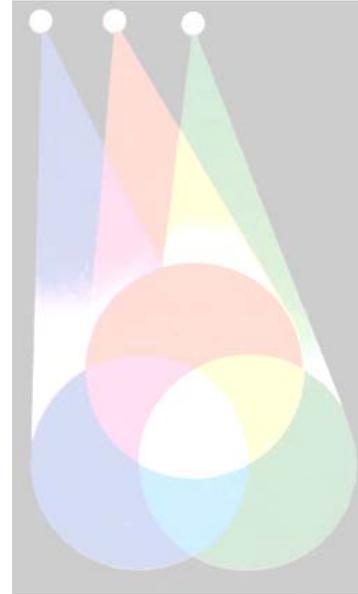


Comparativa RGB-CMYK

3. Diagramas cromáticos

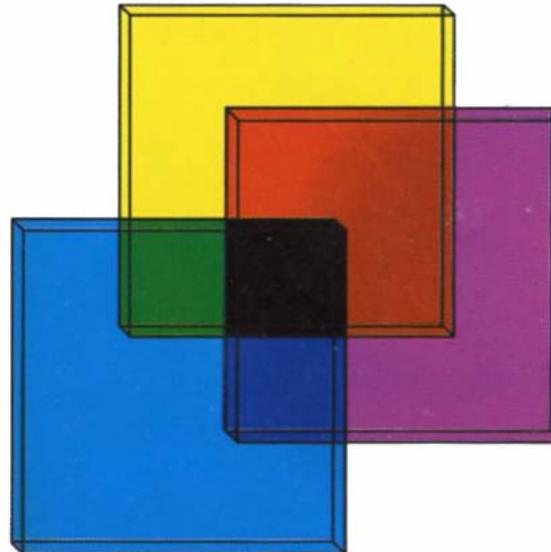
Mezclas de colores:

-Aditivas.



*Combinación
de fuentes de
iluminación*

-Sustractivas.



*Combinación
de filtros de
absorción
selectiva*

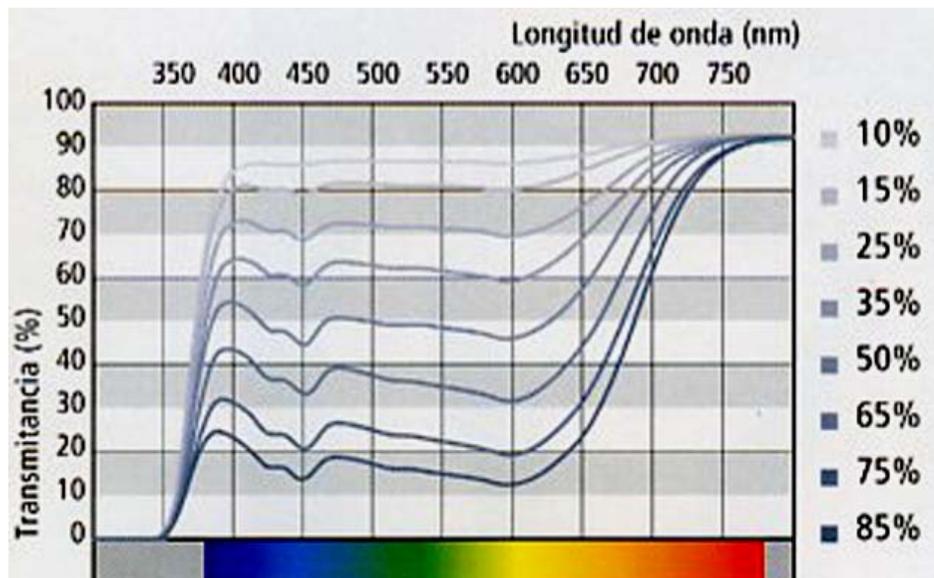


3. Diagramas cromáticos

- Para las gafas de sol se utilizan filtros no selectivos como las lentes grises.
- Pero también se utilizan filtros selectivos como lentes marrones, verdes, etc.
- También hay filtros terapéuticos especiales, pensado para ayudar a gente con daños retinianos graves.

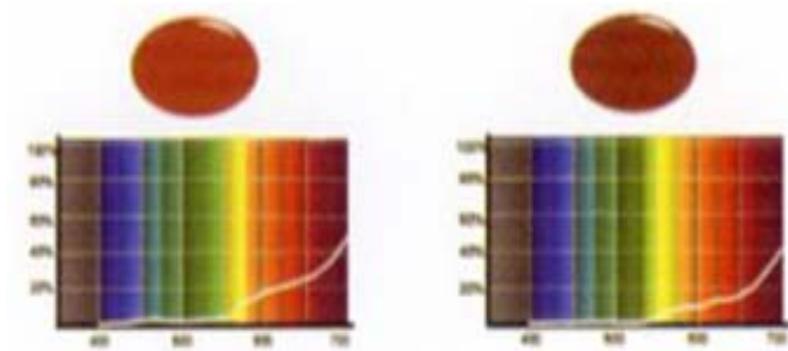
3. Diagramas cromáticos

- Son filtros sustractivos si reducen de forma selectiva la luz blanca del sol.
- El tono (color) de la lente es el contrario al perfil de absorción.
- La saturación depende de la densidad del tinte.



3. Diagramas cromáticos

Filtros solares selectivos con fines terapéuticos:

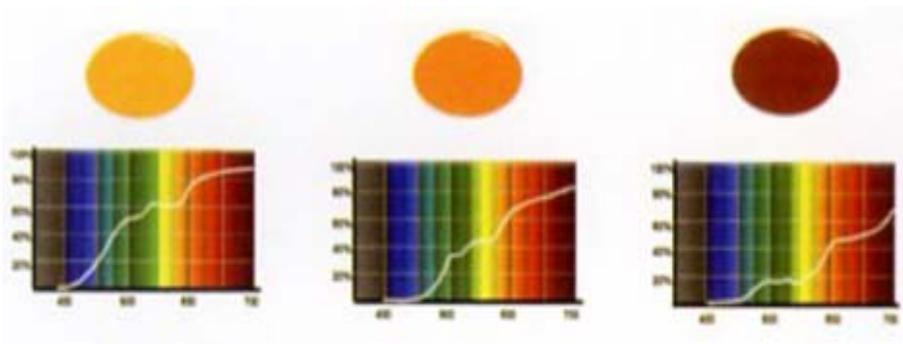


Elimina azul y verde:

Retinosis pigmentaria, retinopatía diabética, albinismo...

3. Diagramas cromáticos

Filtros solares selectivos con fines terapéuticos:

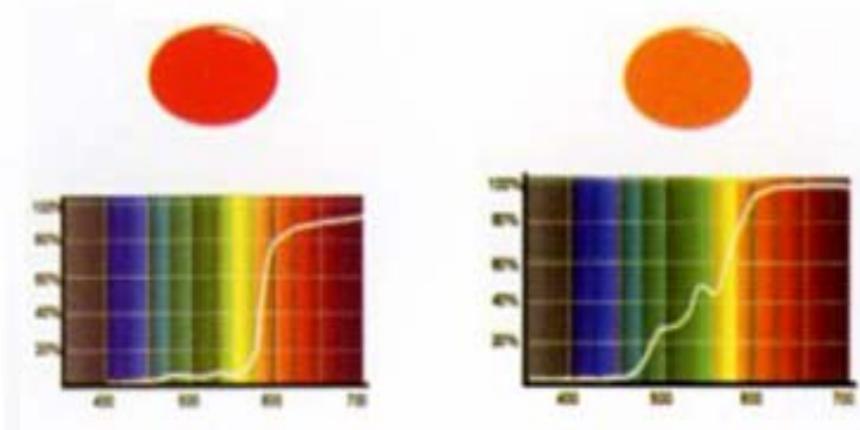


**Restringe más el azul y
menos el verde:**

DMAE, Glaucoma, Cataratas,
Atrofia del nervio óptico.

3. Diagramas cromáticos

Filtros solares selectivos con fines terapéuticos:

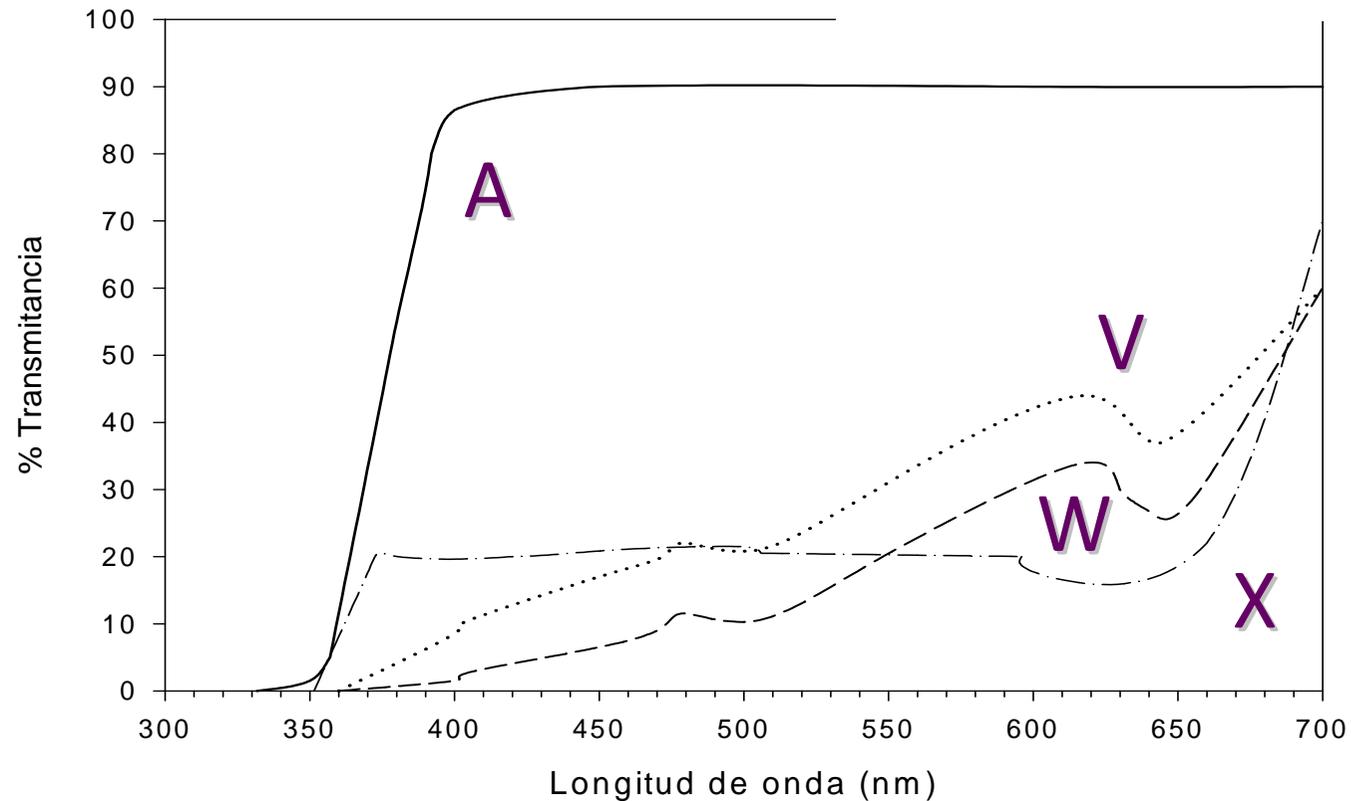


**Elimina azul y restringe verde
y amarillo:**

DMAE, Atrofia, Ambliopía,
Retinosis, Distrofia de conos ...

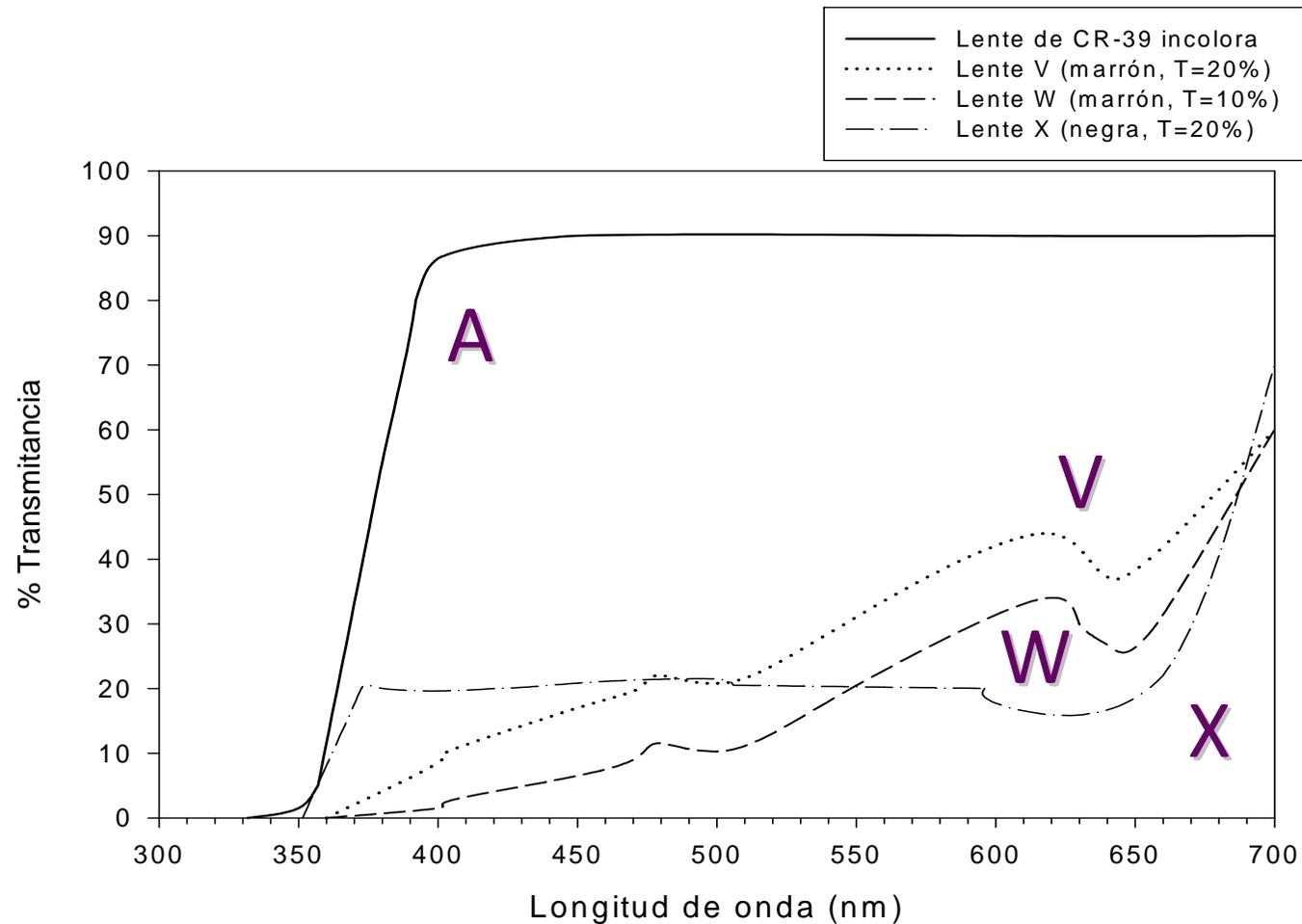
3. Diagramas cromáticos

Lentes solares selectivas. ¿De qué color y qué transmitancia media tienen estas lentes?



3. Diagramas cromáticos

Lentes solares selectivas.

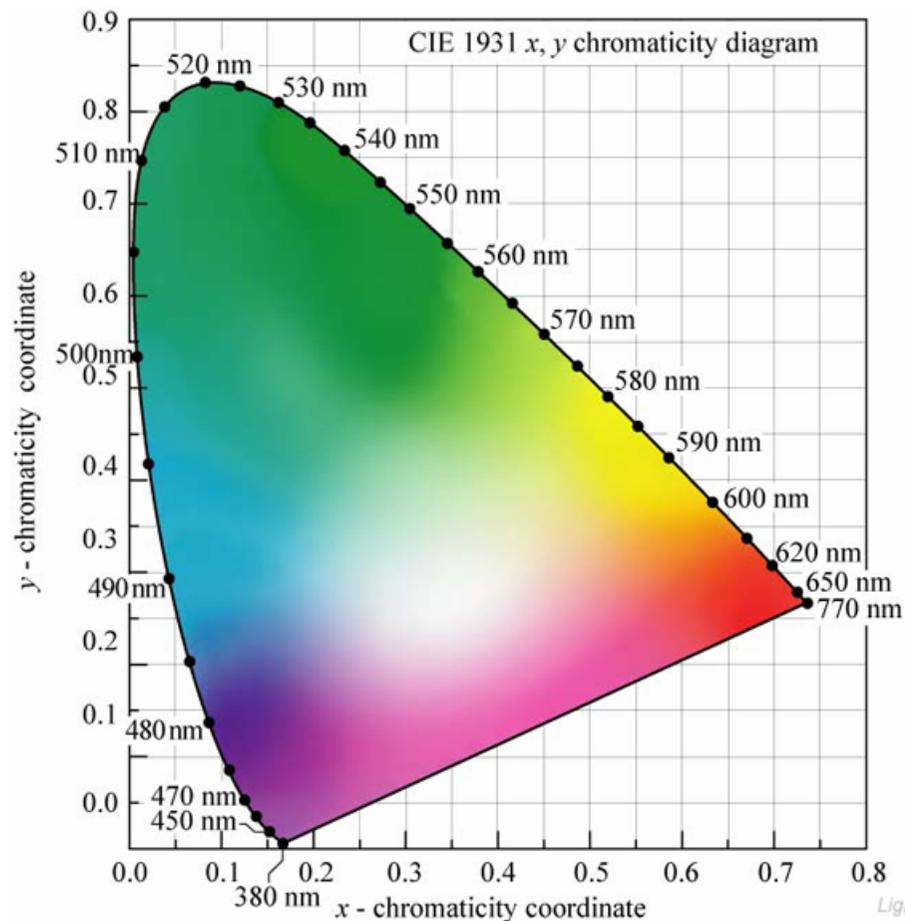




4. Apariencia del color

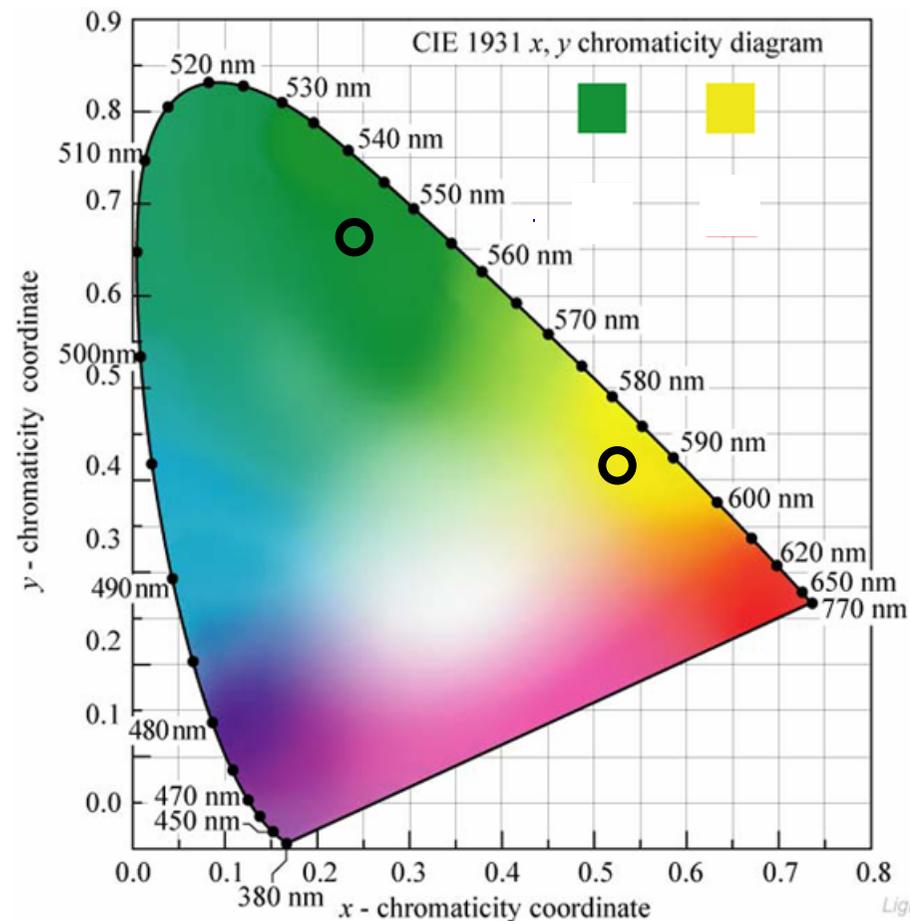
4. Apariencia del color

El ojo tiene unos límites a la hora de poder discriminar dos colores que sean parecidos:



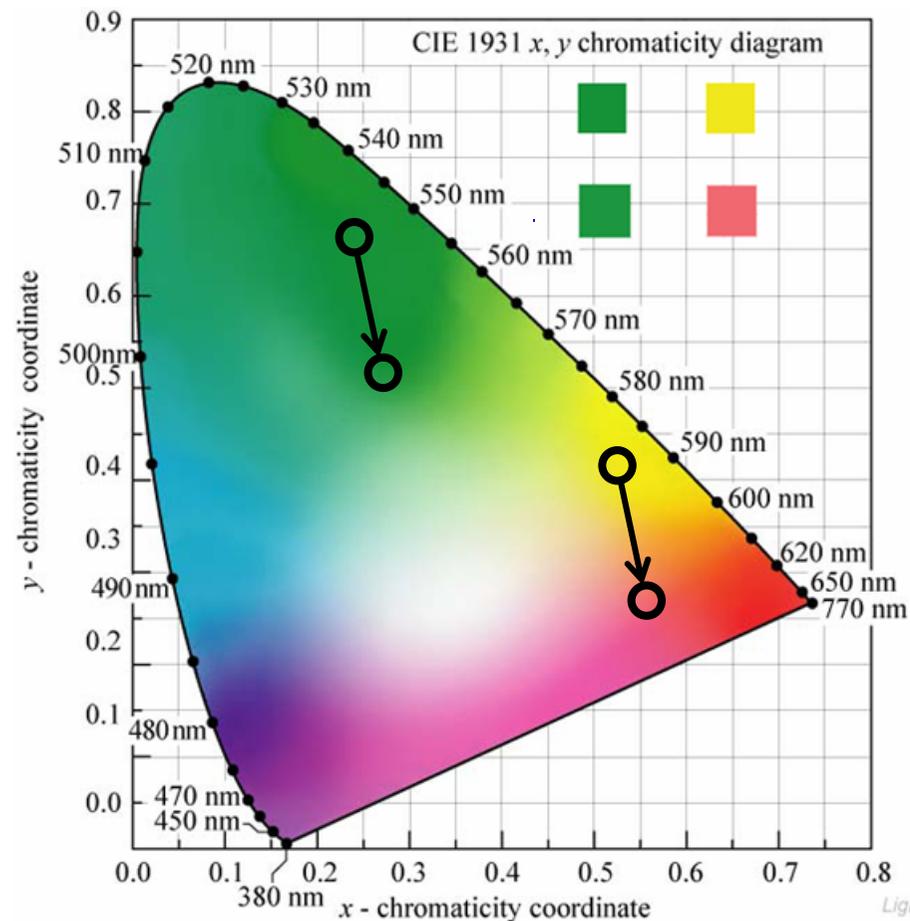
4. Apariencia del color

Estos límites NO son iguales para todo el espectro del visible:



4. Apariencia del color

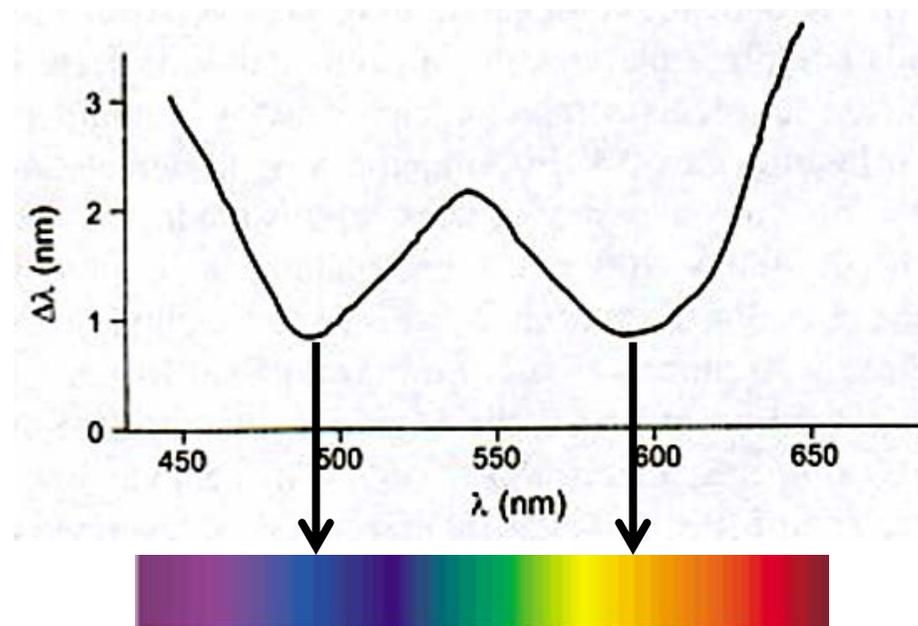
La misma diferencia entre unos colores se discrimina mejor que entre otros:



4. Apariencia del color

Umbral de discriminación cromática ($\Delta\lambda$):

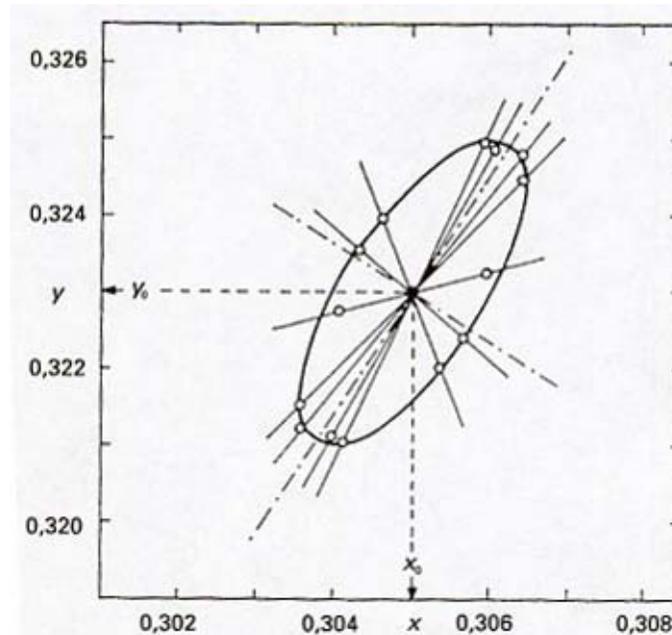
En **490** y **590** nm, tenemos mayor capacidad de diferenciar entre longitudes de onda.



4. Apariencia del color

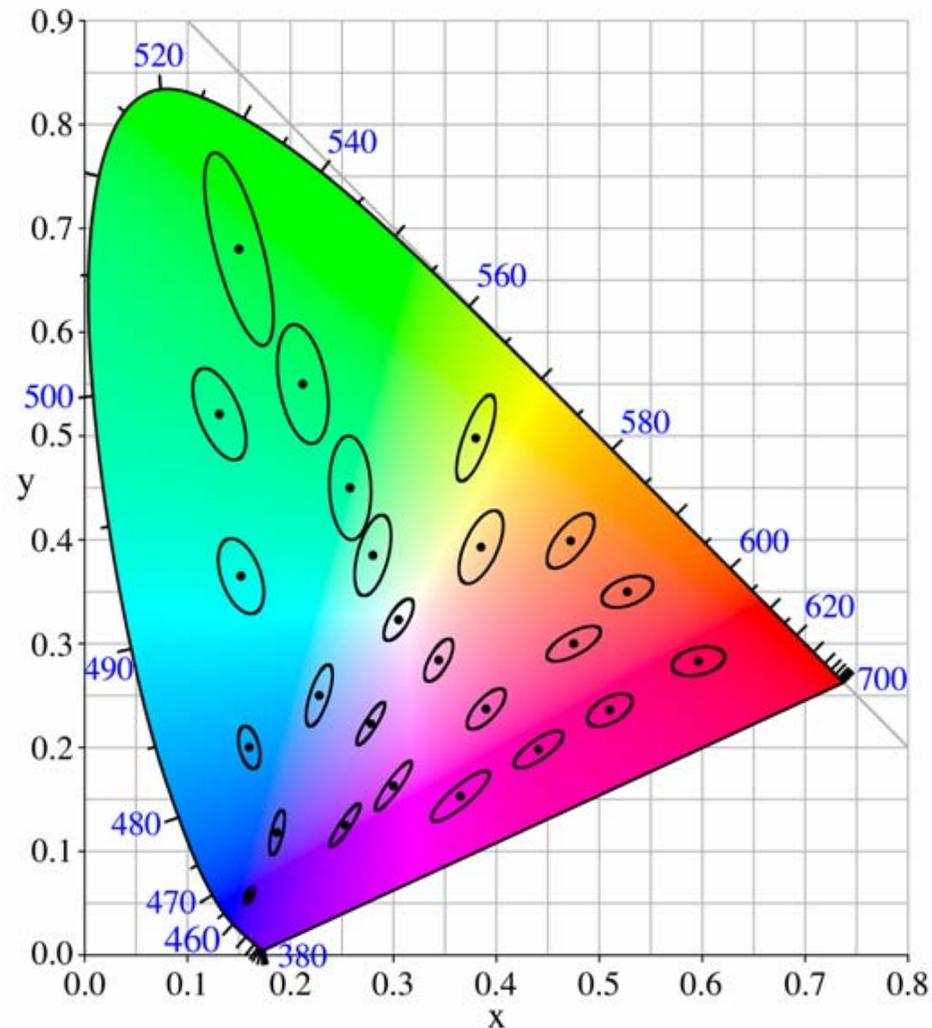
Discriminación de colores: Elipses de McAdam

Experimento en el que se busca la igualación de dos colores parecidos, de la misma luminancia, desde diferentes pares vecinos de colores:



4. Apariencia del color

Discriminación de colores: Elipses de McAdam



La forma de elipse implican que las λ para las cuales el sistema visual es incapaz de discriminar diferencias de tonalidad no es similar.



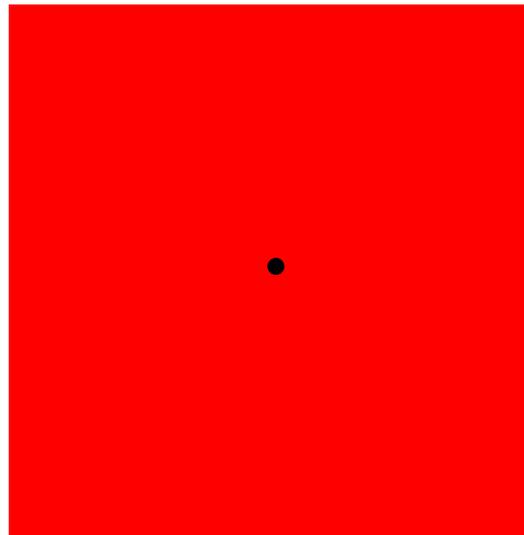
4. Apariencia del color

Adaptación cromática: mantenimiento de la constancia de color, sin depender del iluminante.

Contraste sucesivo: el grado de saturación de los conos, afecta a la percepción del color.

4. Apariencia del color

Adaptación cromática: Contraste sucesivo.



Mirar fijamente el punto negro durante 30 segundos, y pasar a la siguiente lámina.



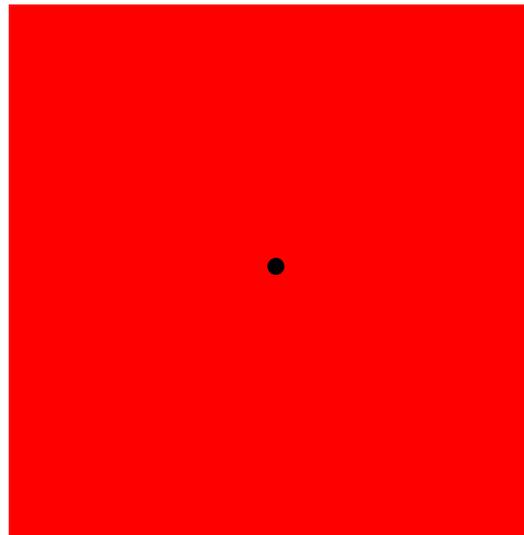
4. Apariencia del color

Adaptación cromática: Contraste sucesivo.



4. Apariencia del color

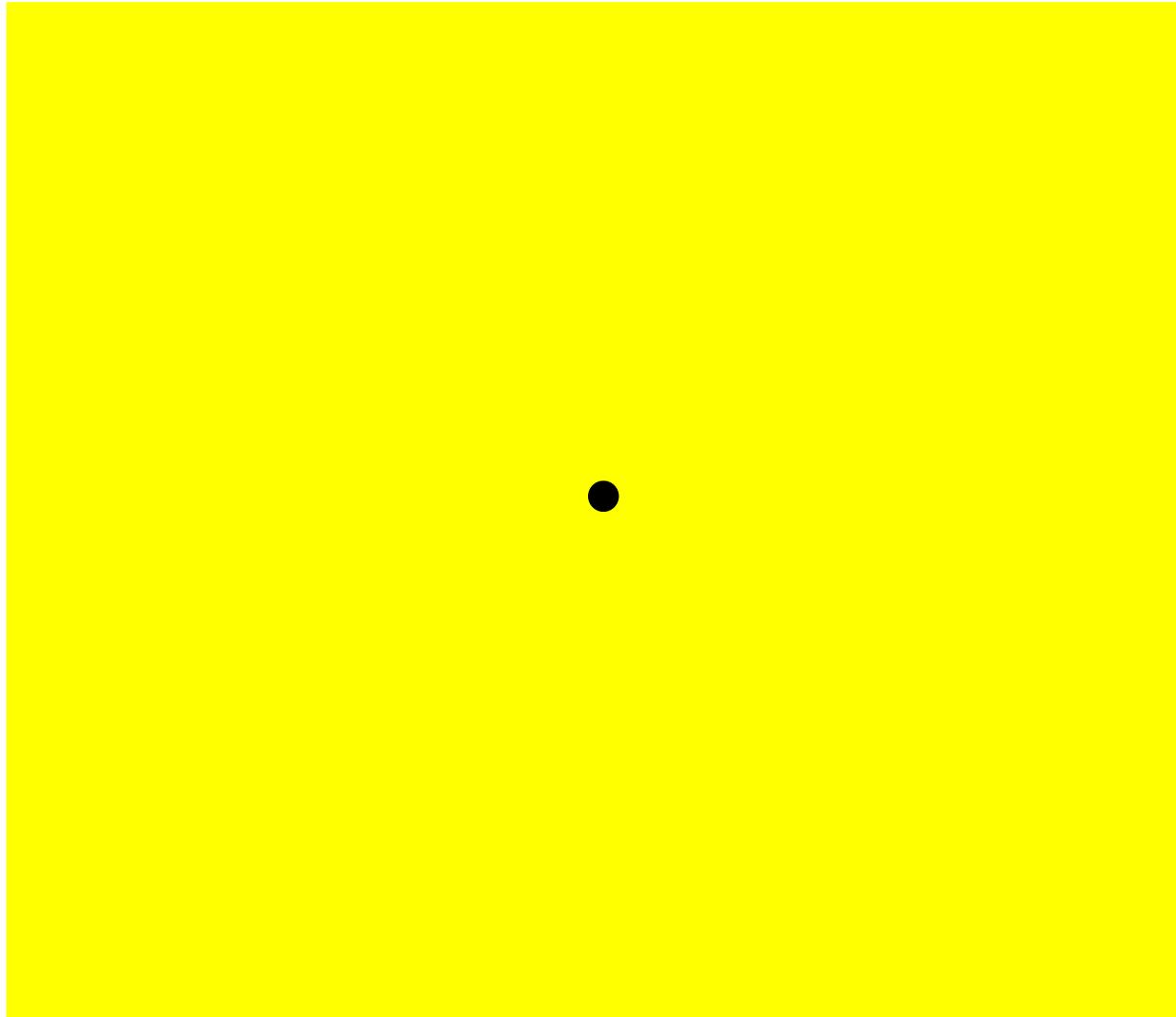
Adaptación cromática: Contraste sucesivo.



Mirar fijamente el punto negro durante 30 segundos, y pasar a la siguiente lámina.

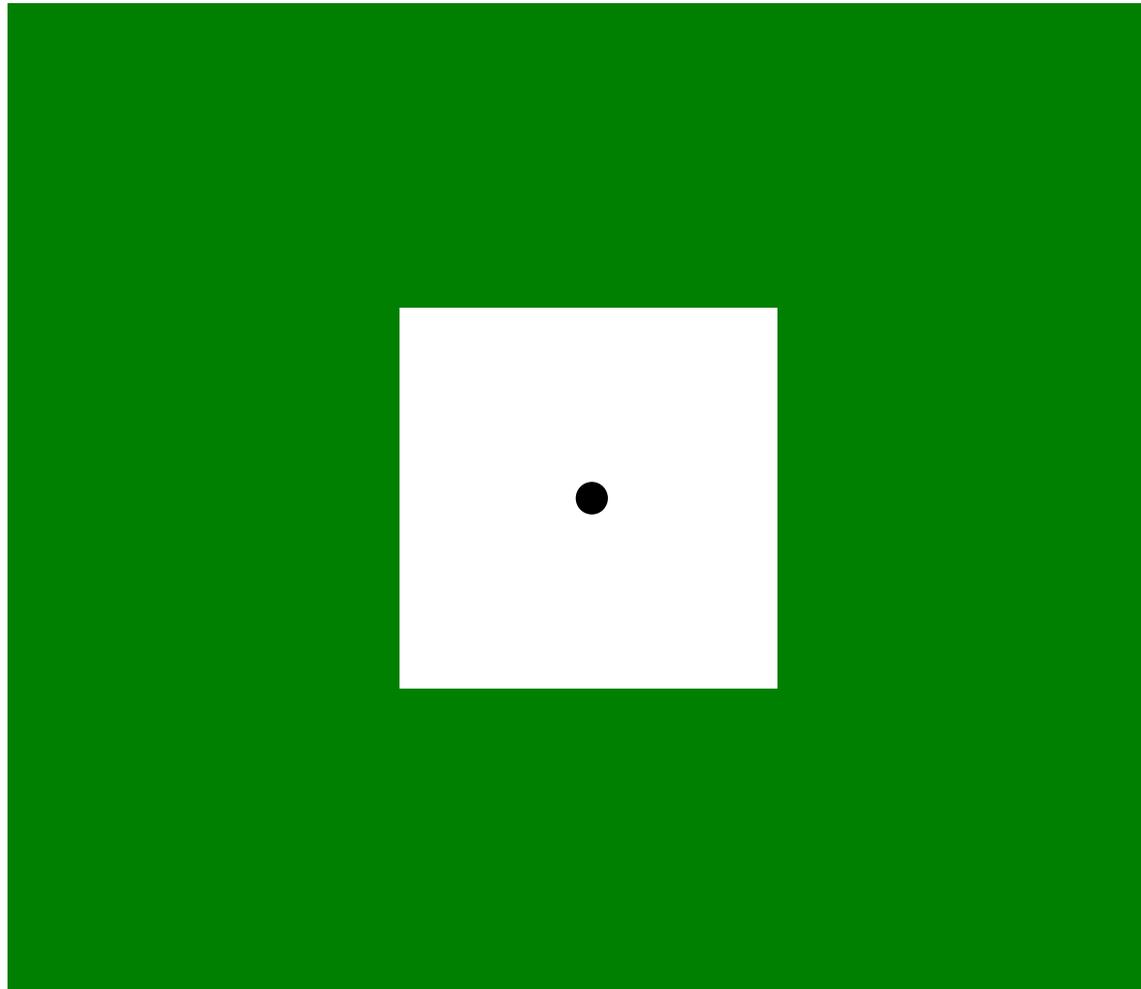
4. Apariencia del color

Adaptación cromática: Contraste sucesivo.



4. Apariencia del color

Adaptación cromática: Contraste sucesivo.



Mirar fijamente el punto negro durante 30 segundos, y pasar a la siguiente lámina.



4. Apariencia del color

Adaptación cromática: Contraste sucesivo.



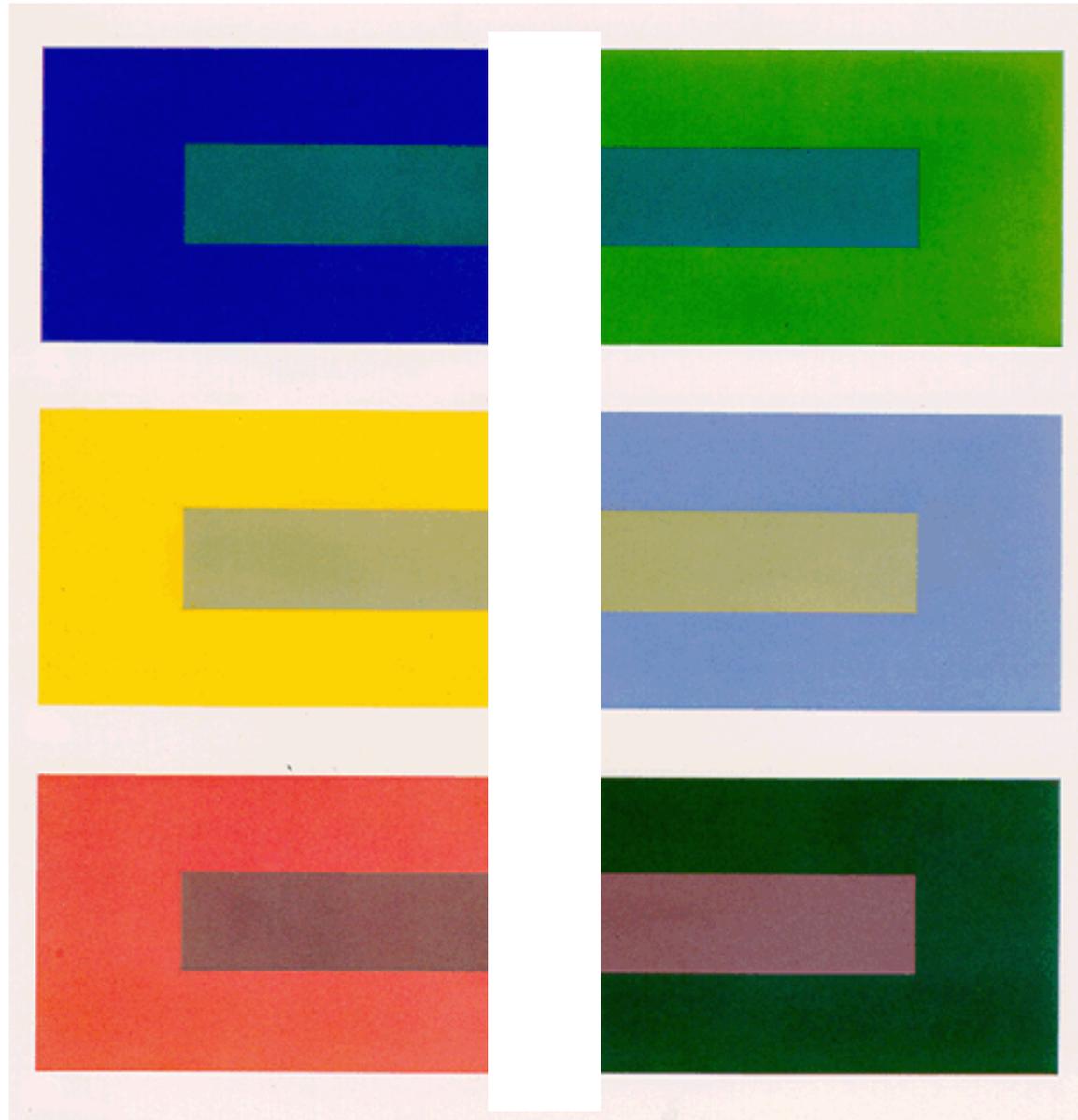


4. Apariencia del color

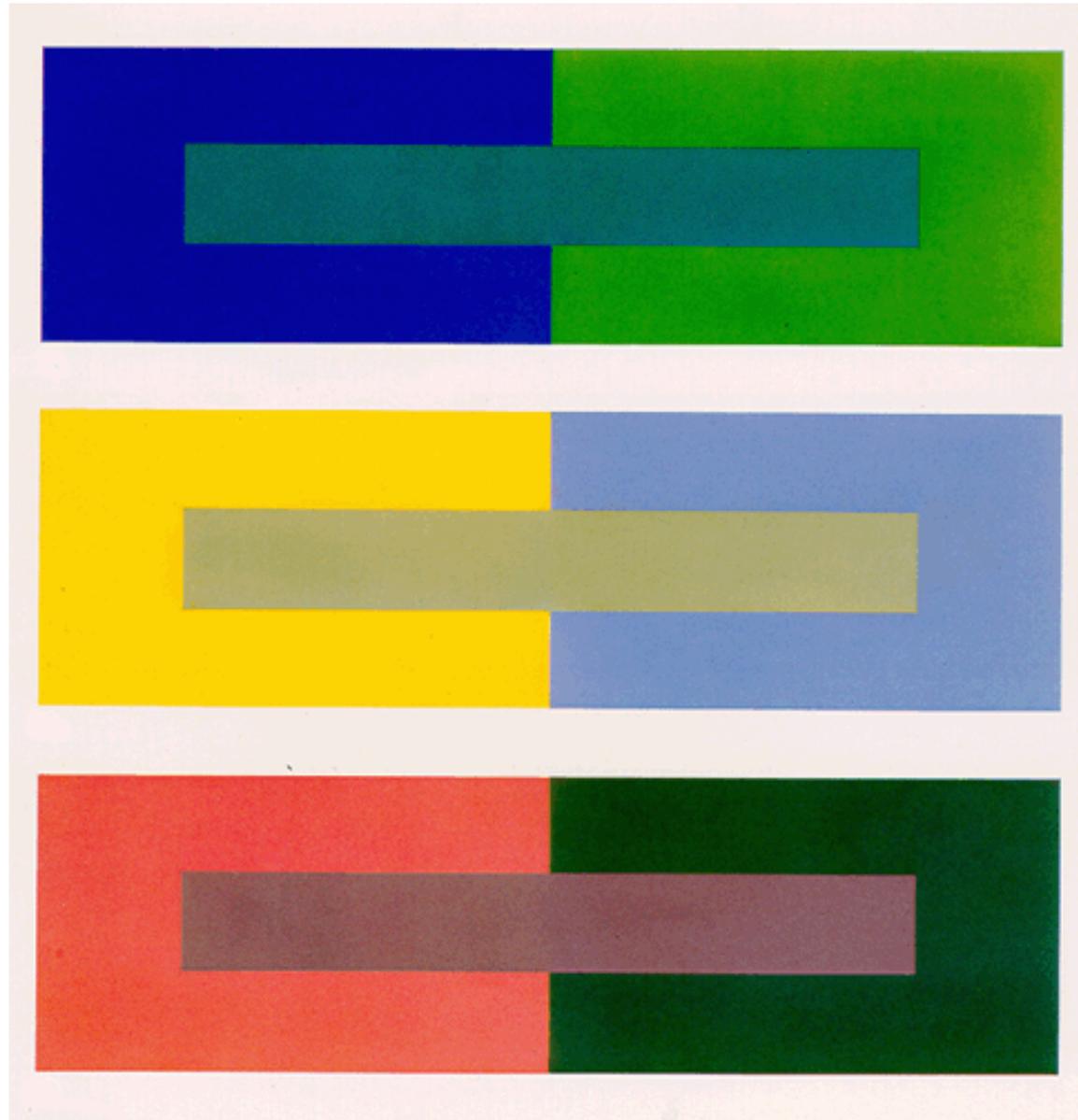
Adaptación cromática: mantenimiento de la constancia de color, sin depender del iluminante.

Contraste simultáneo: La percepción de un color está influida por los colores que lo rodean. NO se puede considerar las características de un color como absolutas, sino relativas al entorno.

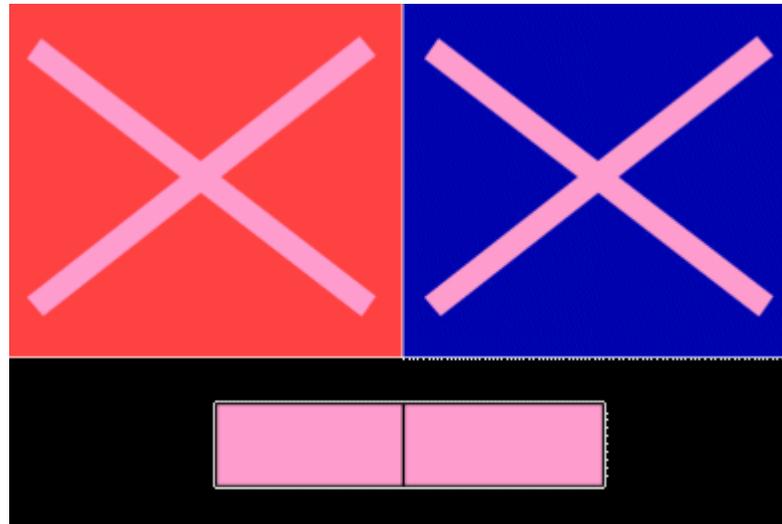
4. Apariencia del color



4. Apariencia del color



4. Apariencia del color

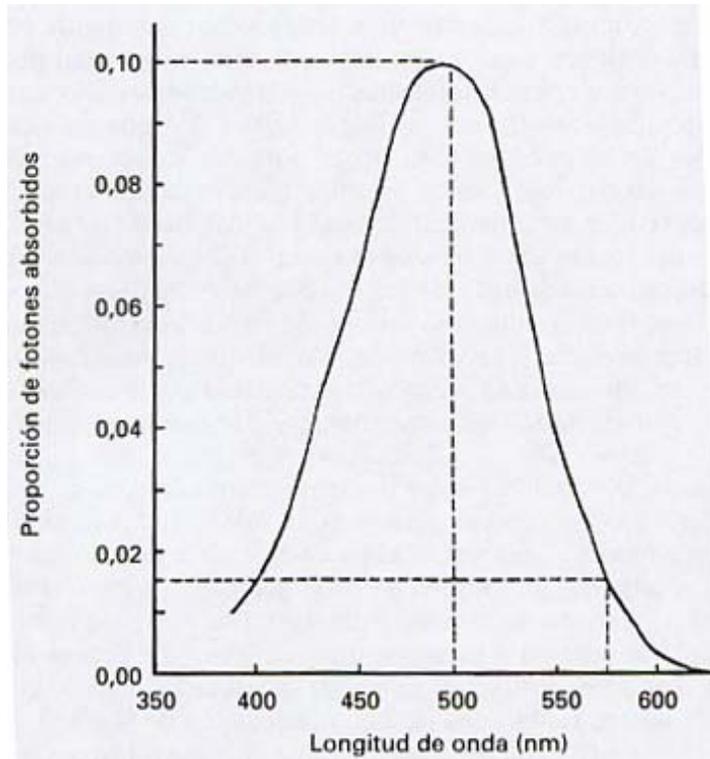




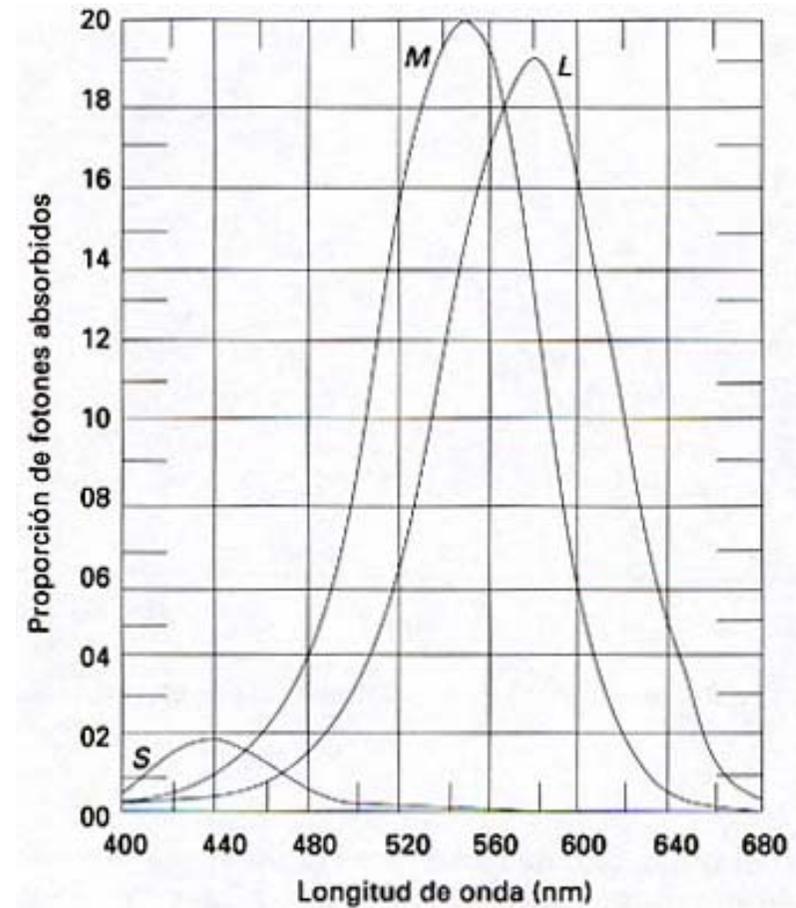
5. Deficiencias y anomalías de la visión cromática

5. Deficiencias de la visión cromática

Sensibilidad espectral de los fotorreceptores en el ojo humano:



Bastones



Conos

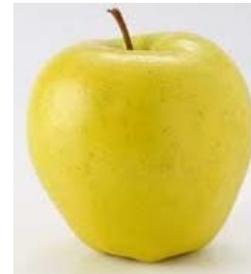


5. Deficiencias de la visión cromática

- Entre un 99% (mujeres) y 92% (hombres) poseen lo que se denomina una “visión normal”.
- Las **anomalías** suelen ser congénitas, y se deben a que uno de los pigmentos tiene cambiado su espectro de absorción.
- En las **deficiencias** faltan 1 (dicrómatas) ó incluso 2 (monocrómatas) de los 3 pigmentos.

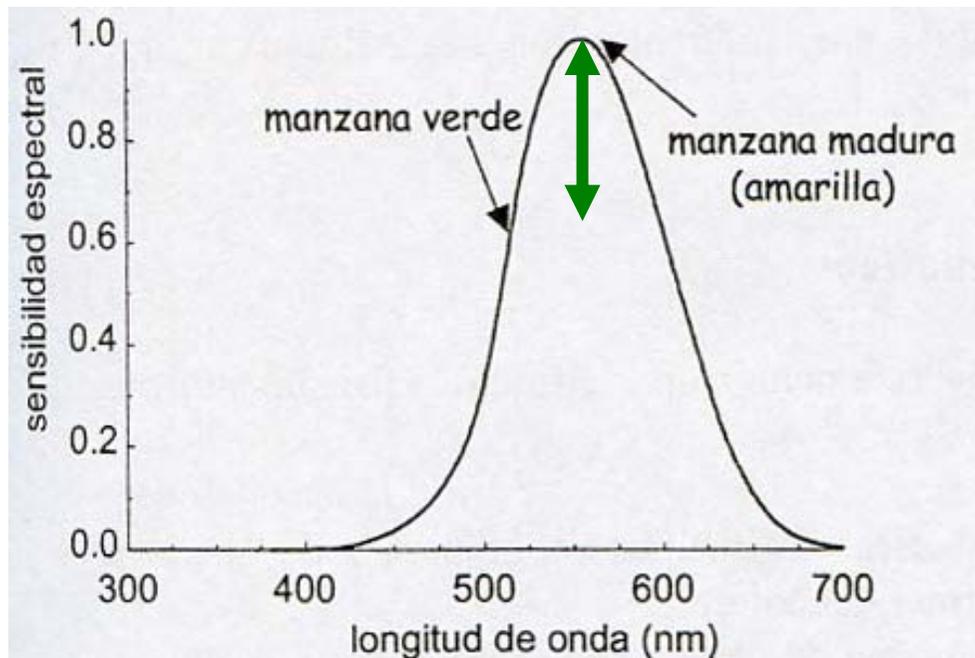
5. Deficiencias de la visión cromática

Por ejemplo el monocrómata sólo posee un tipo de cono, por lo que no puede distinguir entre diferentes colores.



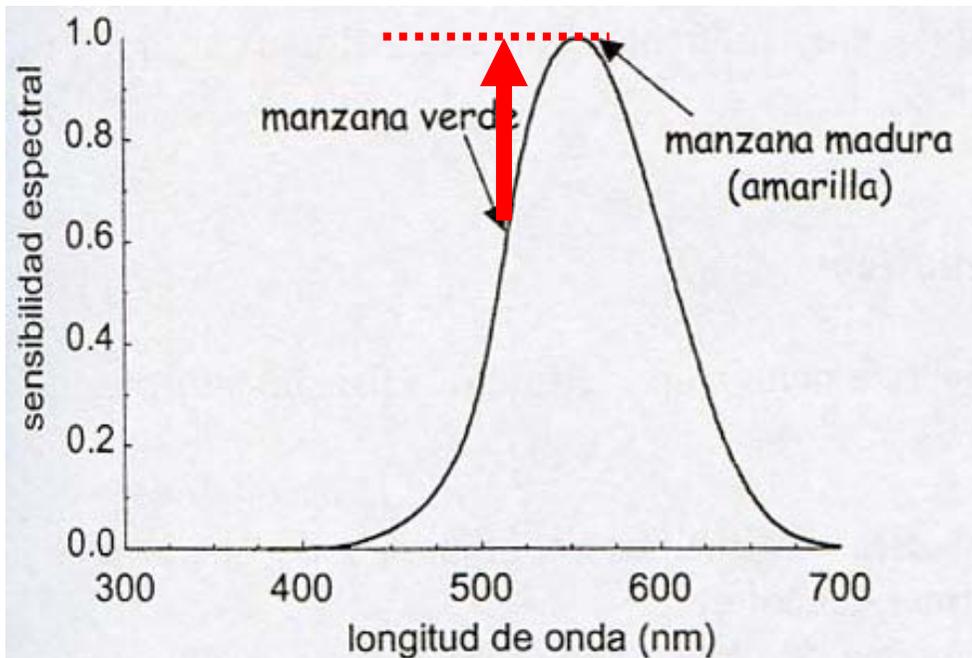
5. Deficiencias de la visión cromática

Aunque sí puede discriminarlos de forma relativa gracias a la diferencia relativa de luminosidad provocada por cada λ .



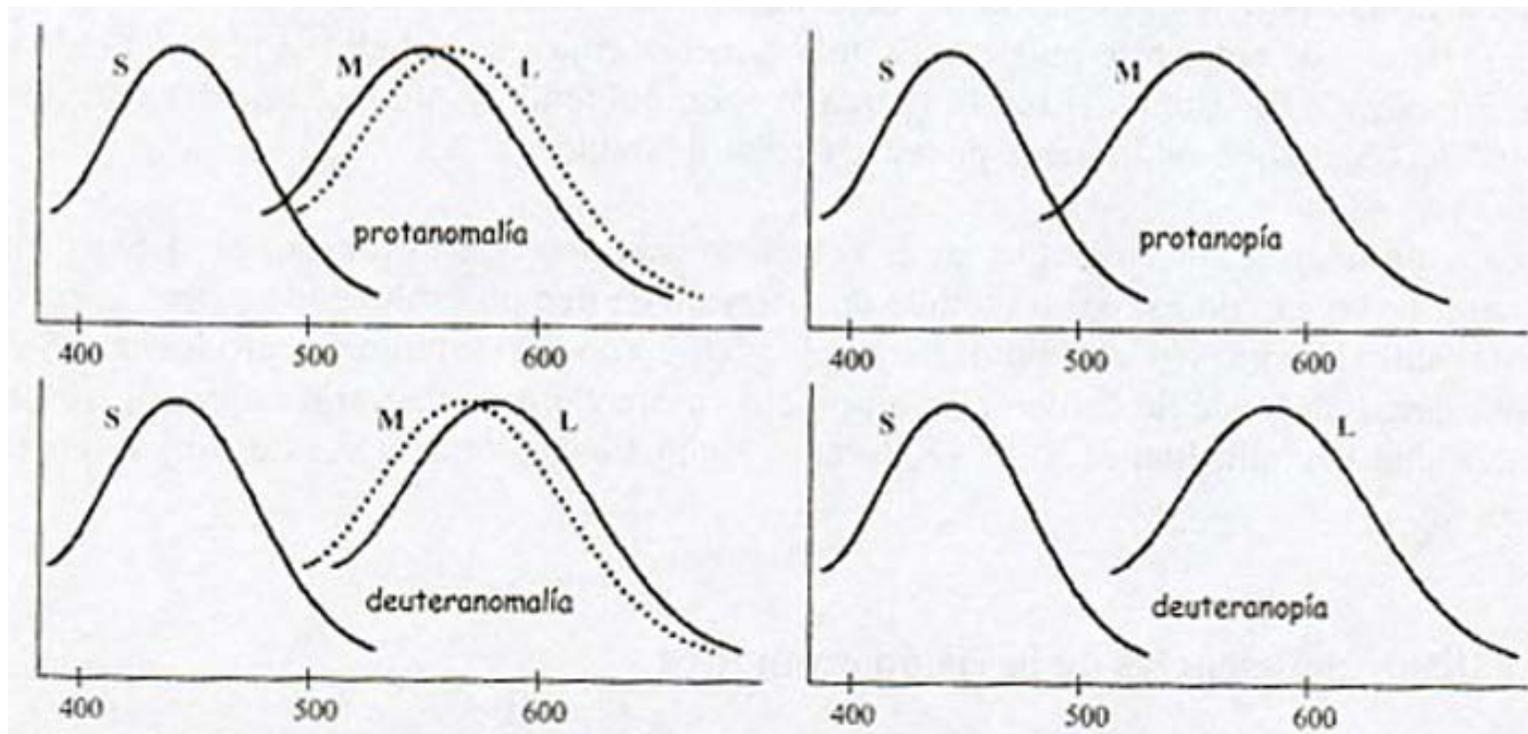
5. Deficiencias de la visión cromática

Este mecanismo falla si la luminosidad del estímulo no es similar.



5. Deficiencias de la visión cromática

La **anomalía** se asocia a confusión en las propiedades del pigmento, en la **deficiencia** hay una ausencia de pigmento.



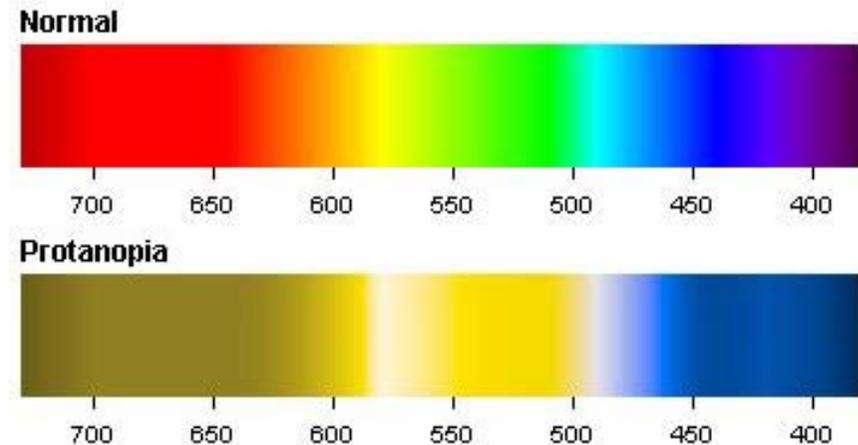
5. Deficiencias de la visión cromática

Los protánopes tienen un problema con los pigmentos de tono rojo:

PROTÁN

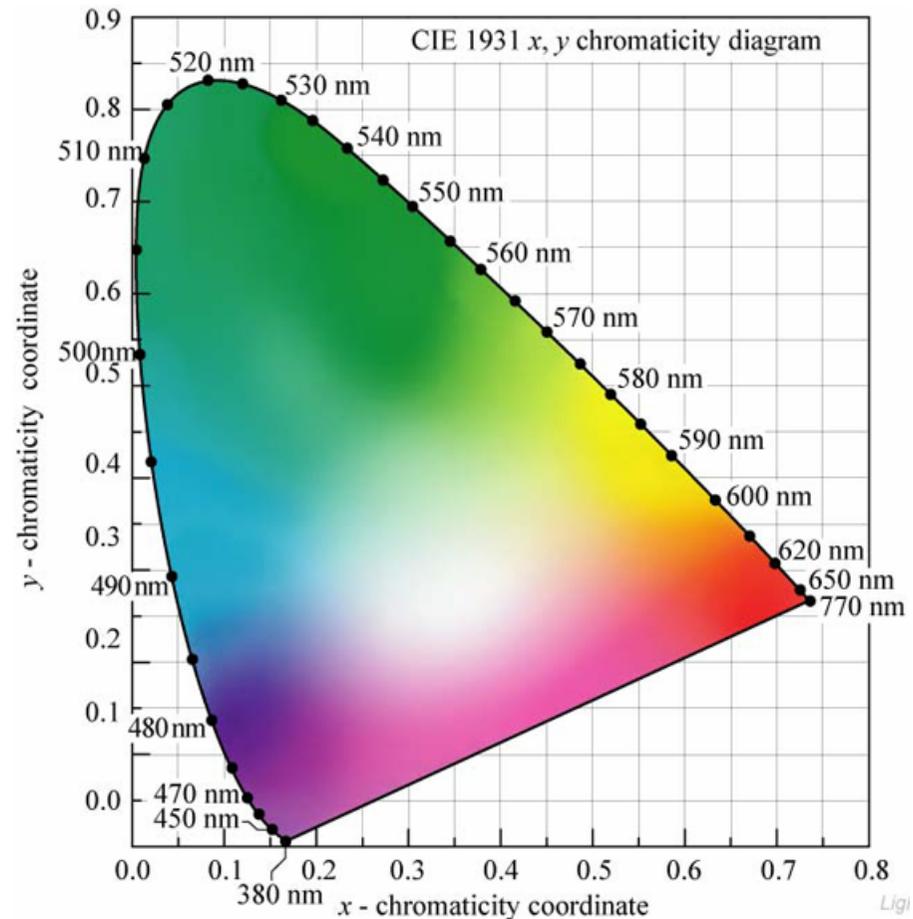
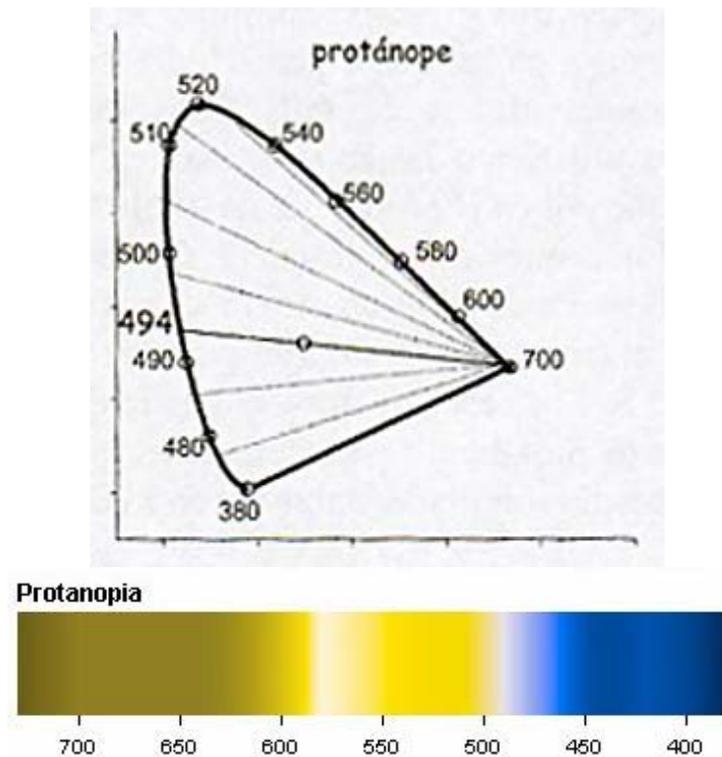
Tricrómata
anómalo: Protanómalo
(L→M)

Dicrómata:
Protánope
(No conos L)



5. Deficiencias de la visión cromática

Su línea acromática es la del rojo-cian:



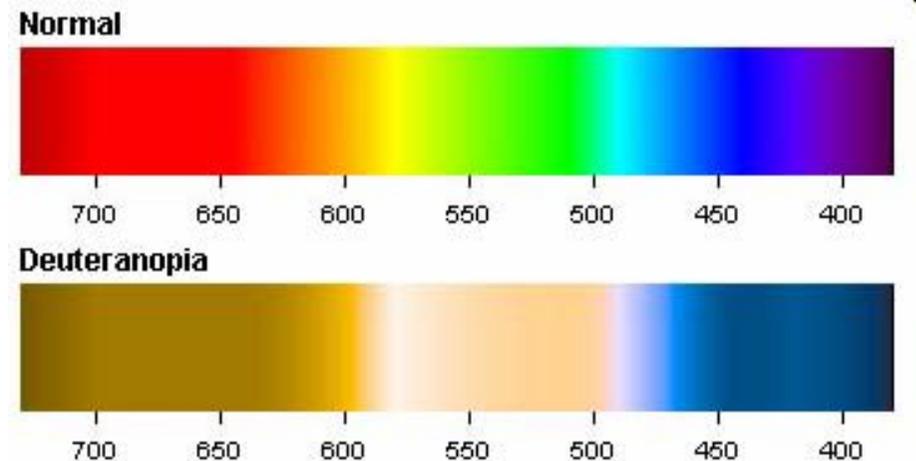
5. Deficiencias de la visión cromática

Los deuteránopes tienen un problema con los pigmentos de tono verde:

DEUTÁN

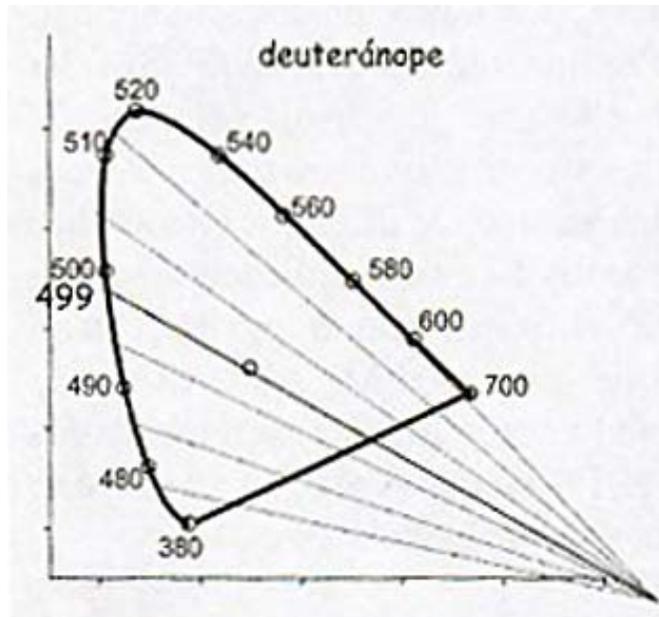
Tricrómata anómalo: Deuteranómalo (M→L)

Dicrómata: Deuteránope (No conos M)

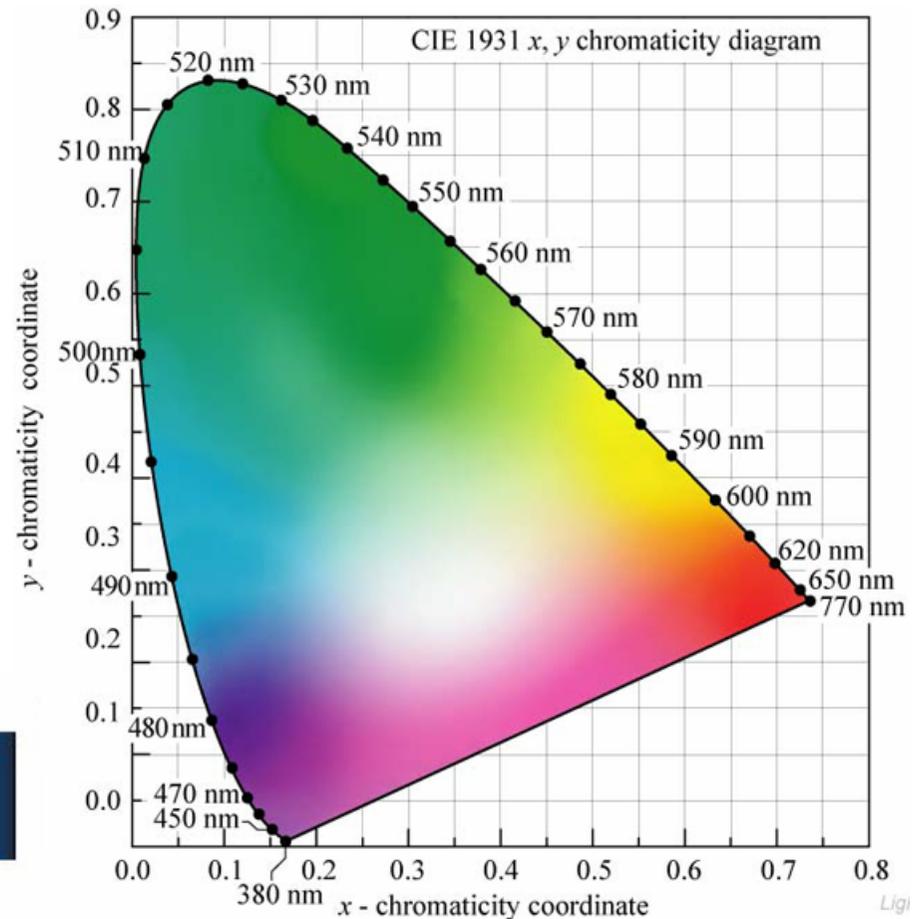
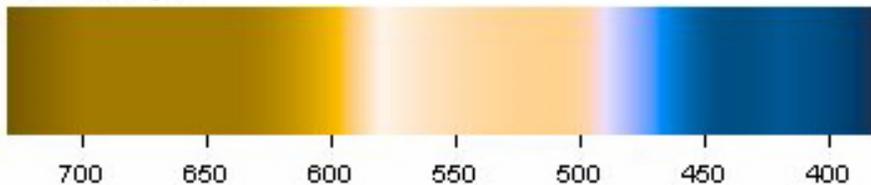


5. Deficiencias de la visión cromática

Su línea acromática es la del verde/azulado y rojo/púrpura:



Deuteranopia



5. Deficiencias de la visión cromática

Los tritánopes tienen un problema con los pigmentos de tono azul:

TRITÁN

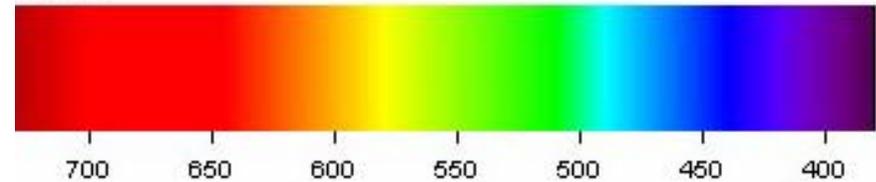
Tricrómata
anómalo:

Tritanómalo

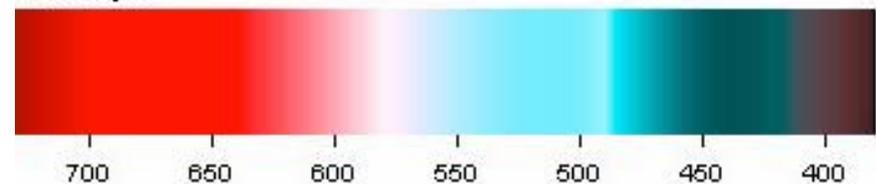
Dicrómata:

Tritánope
(No conos S)

Normal

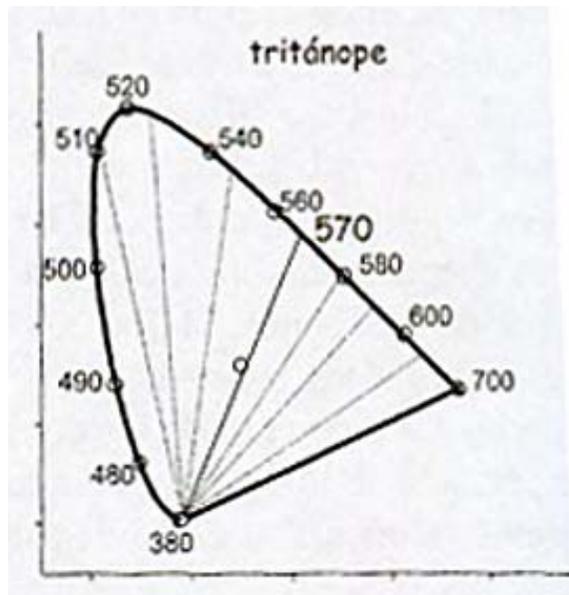


Tritanopia

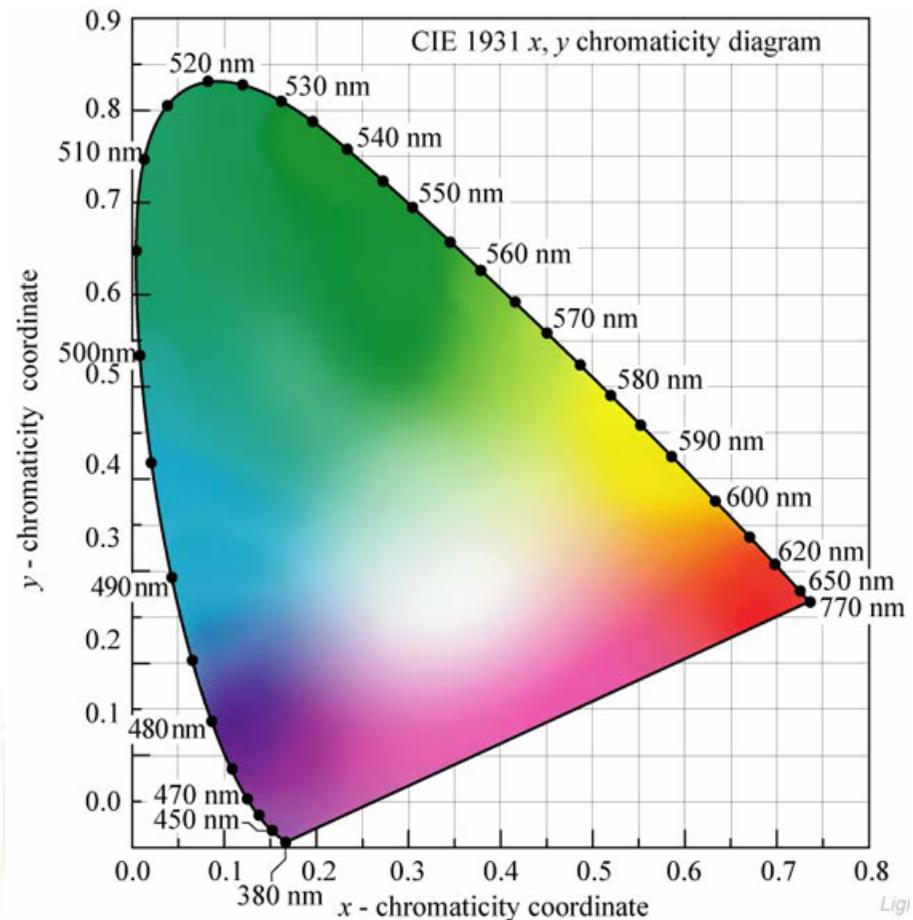
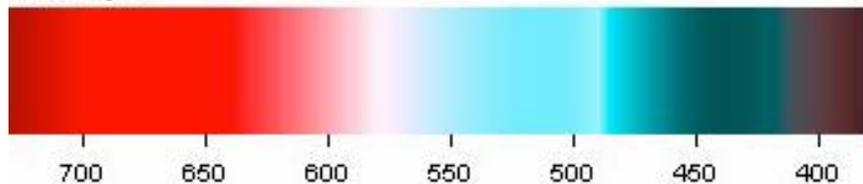


5. Deficiencias de la visión cromática

Su línea acromática es la del azul-amarillo:

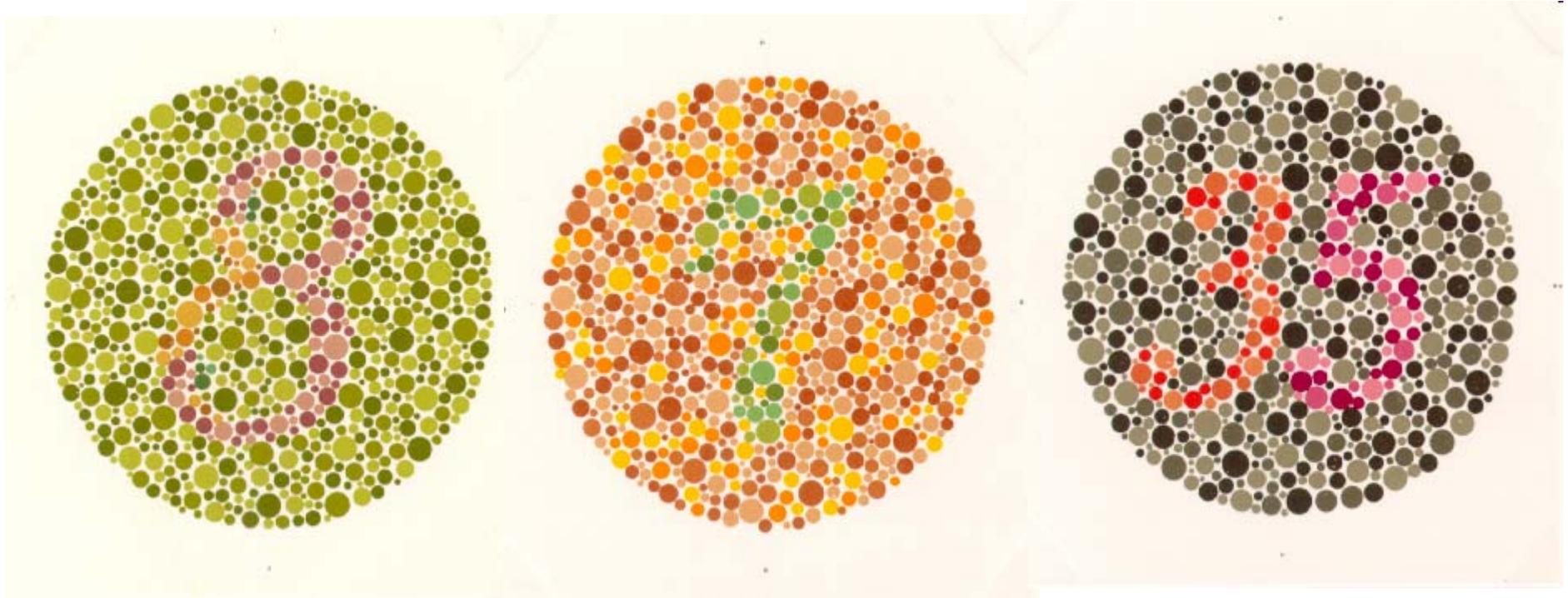


Tritanopia



5. Deficiencias de la visión cromática

Test de detección: Ishihara



5. Deficiencias de la visión cromática



Test Farnsworth-munsell:

Ordenar colores





Bibliografía

Guirao A. *Óptica Visual*. ICE-Universidad de Murcia, 2004.

Artigas JM, Capilla P, Felipe A, Pujol J. *Óptica Fisiológica. Psicofísica de la Visión*. Interamericana McGraw-Hill, 1995.

www.escience.anu.edu.au/lecture/cg/Color/printNotes.en.html

www.flicker.com

www.itp.uni-hannover.de/~zawischa/ITP/render.html

akvis.com/es/articles/vision-basics/color-vision23a.php

www.infovis.net/printMag.php?num=126&lang=1

gotprint.net/g/showStaticPage.do?page=rgb-scmyk

www.colblindor.com/2006/11/16/protanopia-red-green-color-blindness/

The present work includes figures, images and tables extracted or modified from material previously published on scientific articles, books and webpages. It has been design for it use at classroom, then for nonprofit educational purposes. According to the Copyright law of the USA to the UK copyright law, the author consider that is doing a "fair-use" of these material. All the copyrighted material included, has been conveniently cited in the correponding slide, and listed in the bibliography (Bibliografía) section.