

Color

Eduardo Fernández

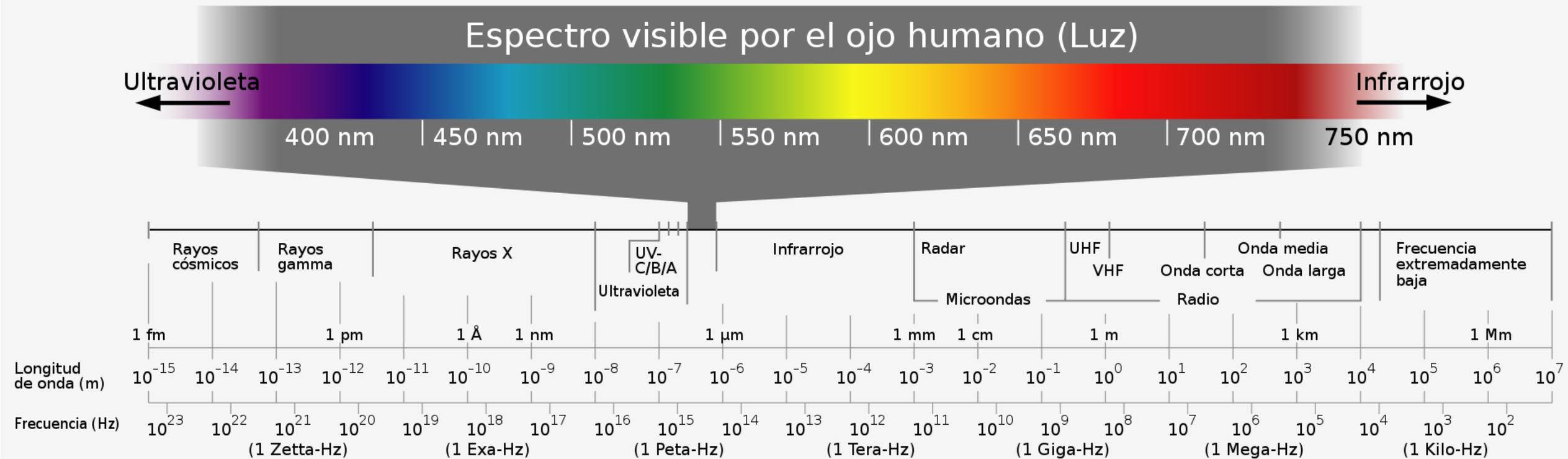
Basado en el Capítulo 4: Color, del libro Information Visualization, Colin Ware

Color

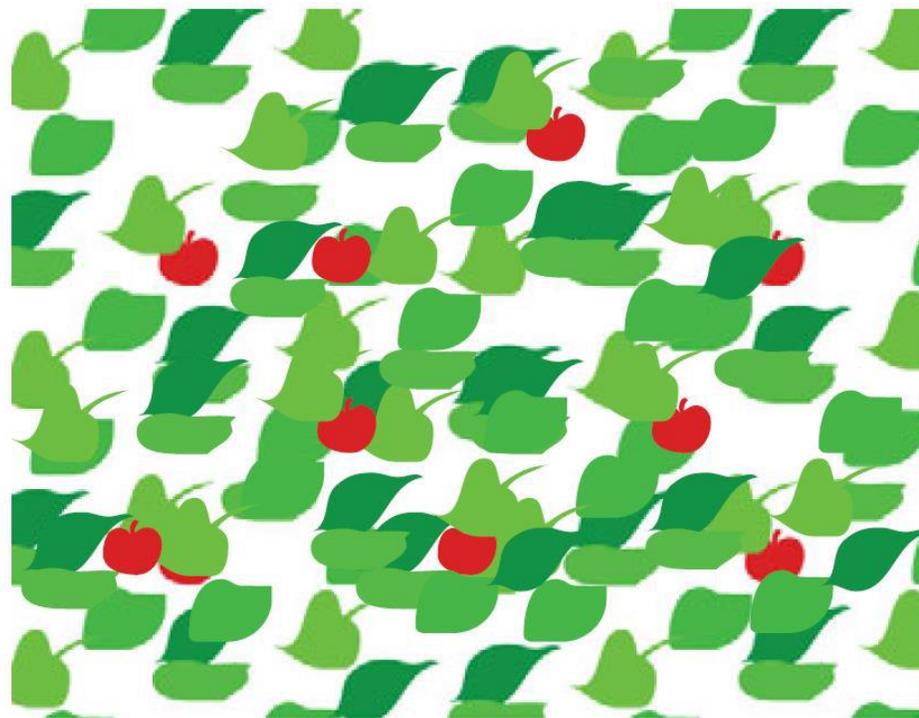
- Es una propiedad visual.
 - Lo percibimos como una propiedad de los objetos.
 - Se divide en categorías llamadas “negro”, “rojo”, “amarillo”, “azul”, etc.
- Físicamente responde al espectro lumínico (la distribución de energía lumínica en función de la longitud de onda),
 - Interactúa con los receptores de luz del ojo.
 - Longitud de onda que varía entre 380 750 nanómetros.
 - Máxima sensibilidad a los 555 nanómetros (color verde).
 - Las longitudes de onda no tienen todos los colores perceptuales (marrón, rosado, magenta).

Color

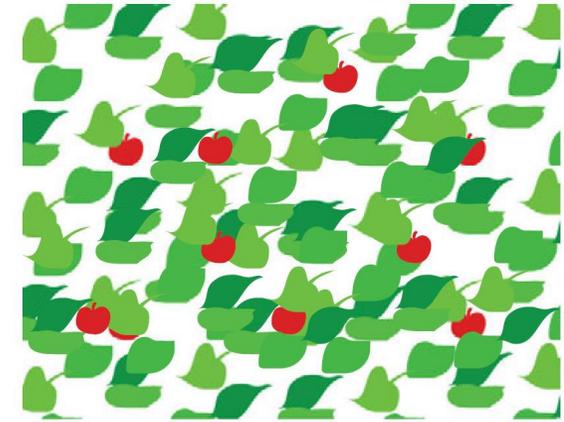
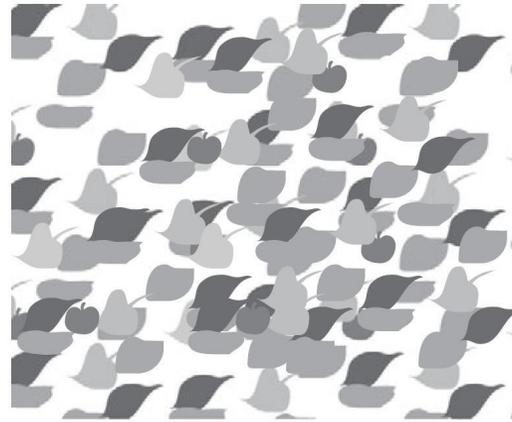
- Físicamente responde al espectro lumínico (longitud de onda),
 - Máxima sensibilidad a los 555 nanómetros (color verde).
 - Las longitudes de onda no tienen todos los colores perceptuales (marrón, rosado, magenta).



¿Para qué sirve el color?

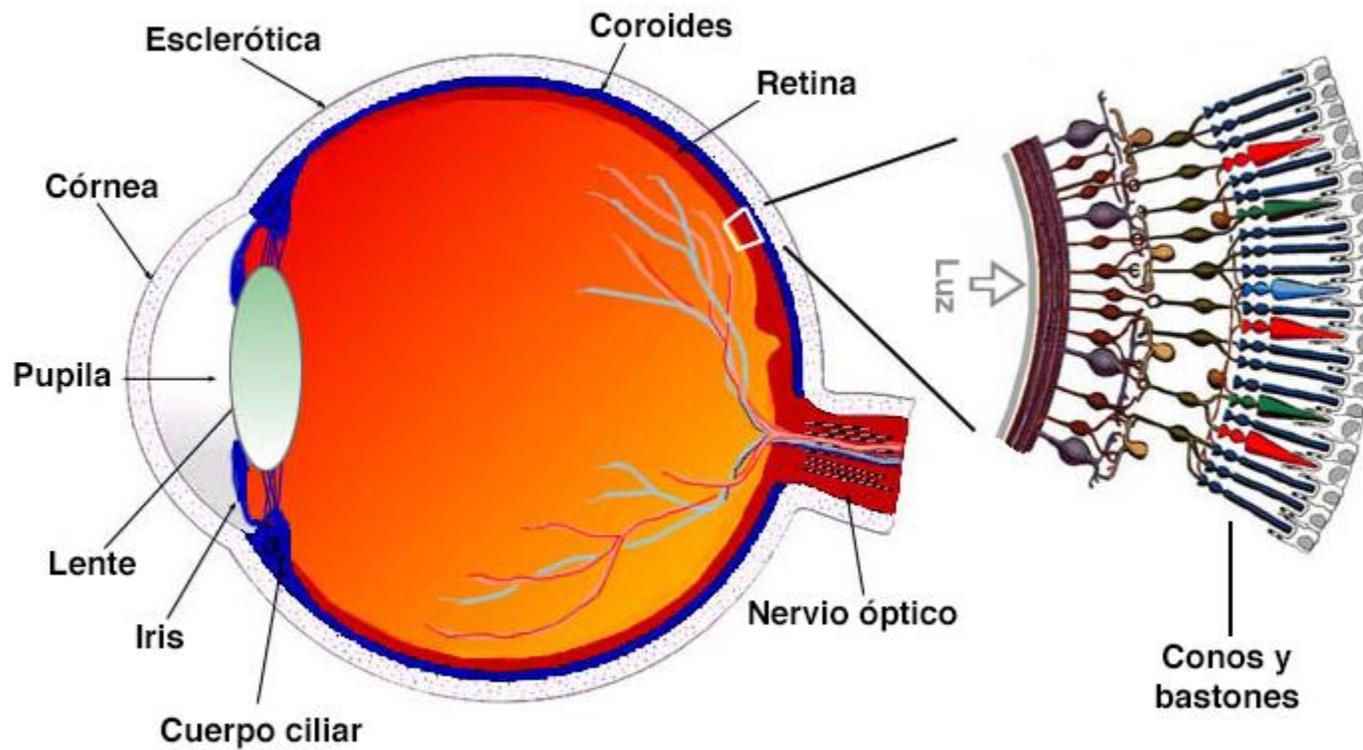


¿Para qué sirve el color?



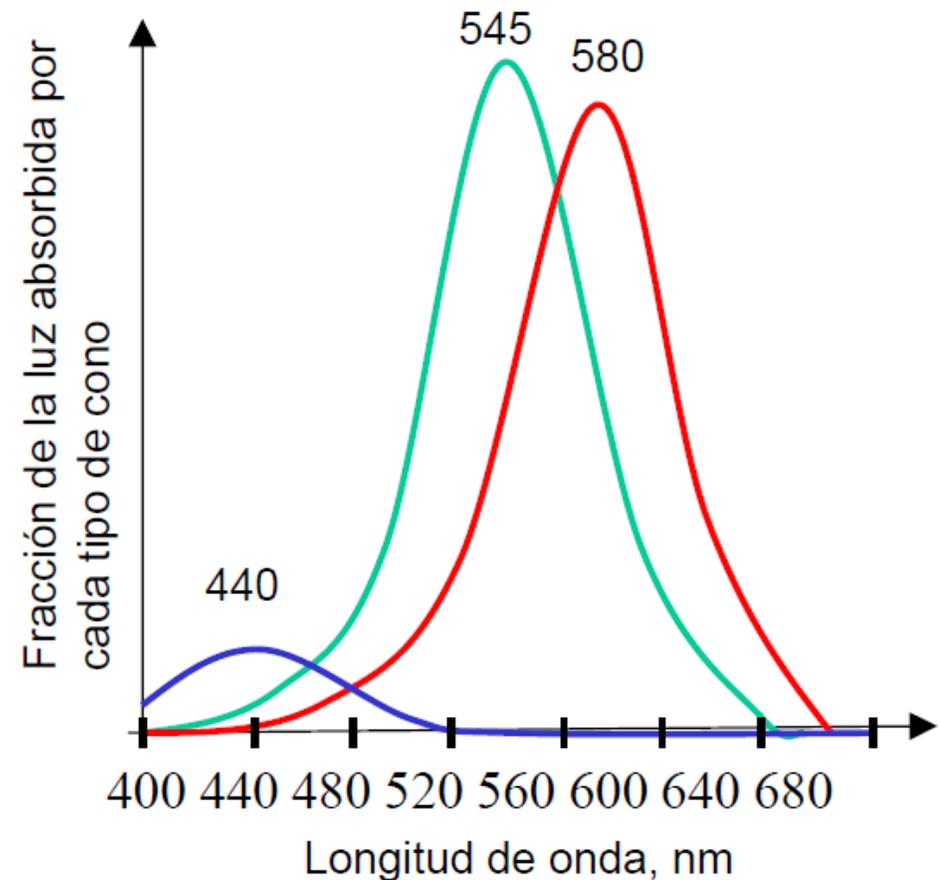
- El color nos ayuda a romper el camuflaje. **Preatencionalidad.**
- Nos sirven para distinguir y diferenciar objetos.
- El color es un **atributo** del objeto.
- Sirve para identificar y categorizar, pero sirve menos para identificar forma, detalle o espacio.

Ojo humano

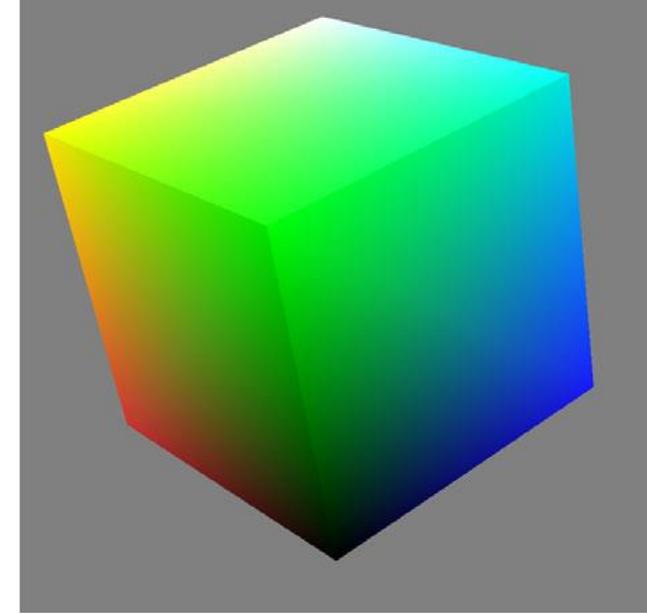


Teoría tricromática del color

- Existen tres tipos de receptores para la percepción de los colores.
- Por tanto, los colores se pueden representar en un espacio tridimensional.
- Hay animales que no son tricromáticos.



Teoría tricromática del color



Los colores se pueden representar en un espacio tridimensional.

Muchas de las personas con deficiencia en percepción de colores manejan un espacio bidimensional

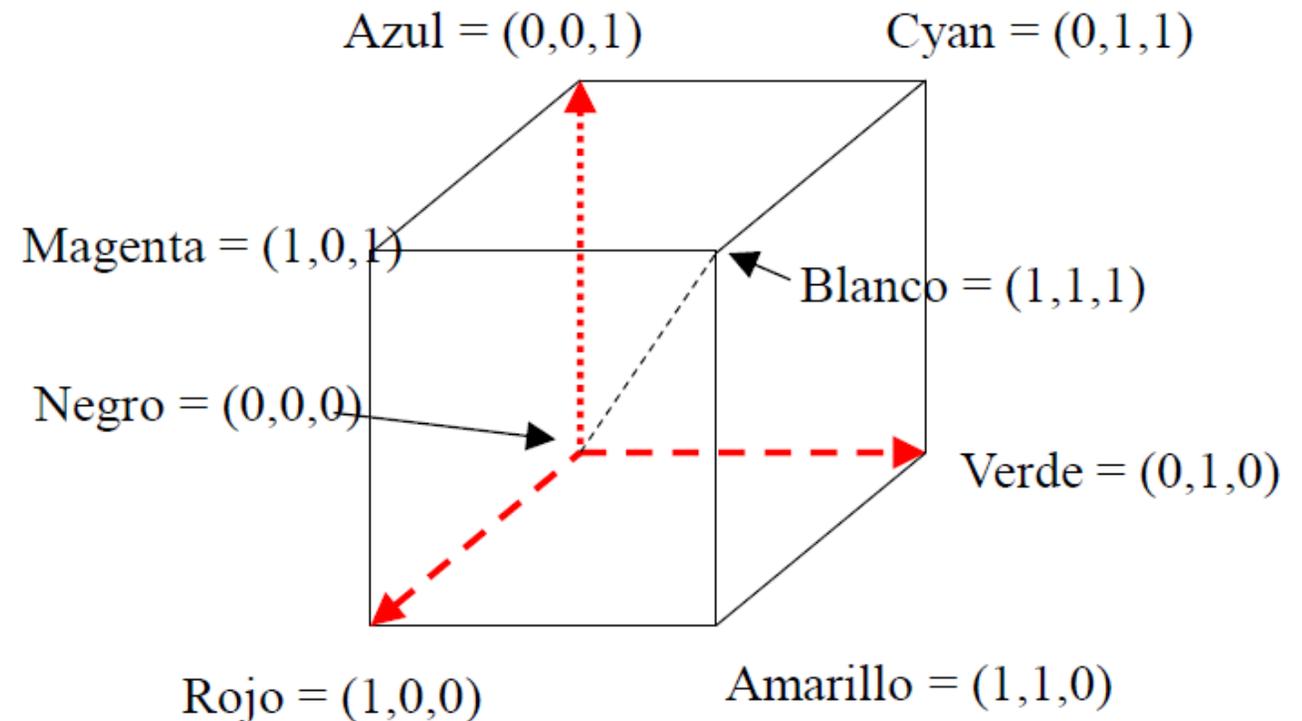
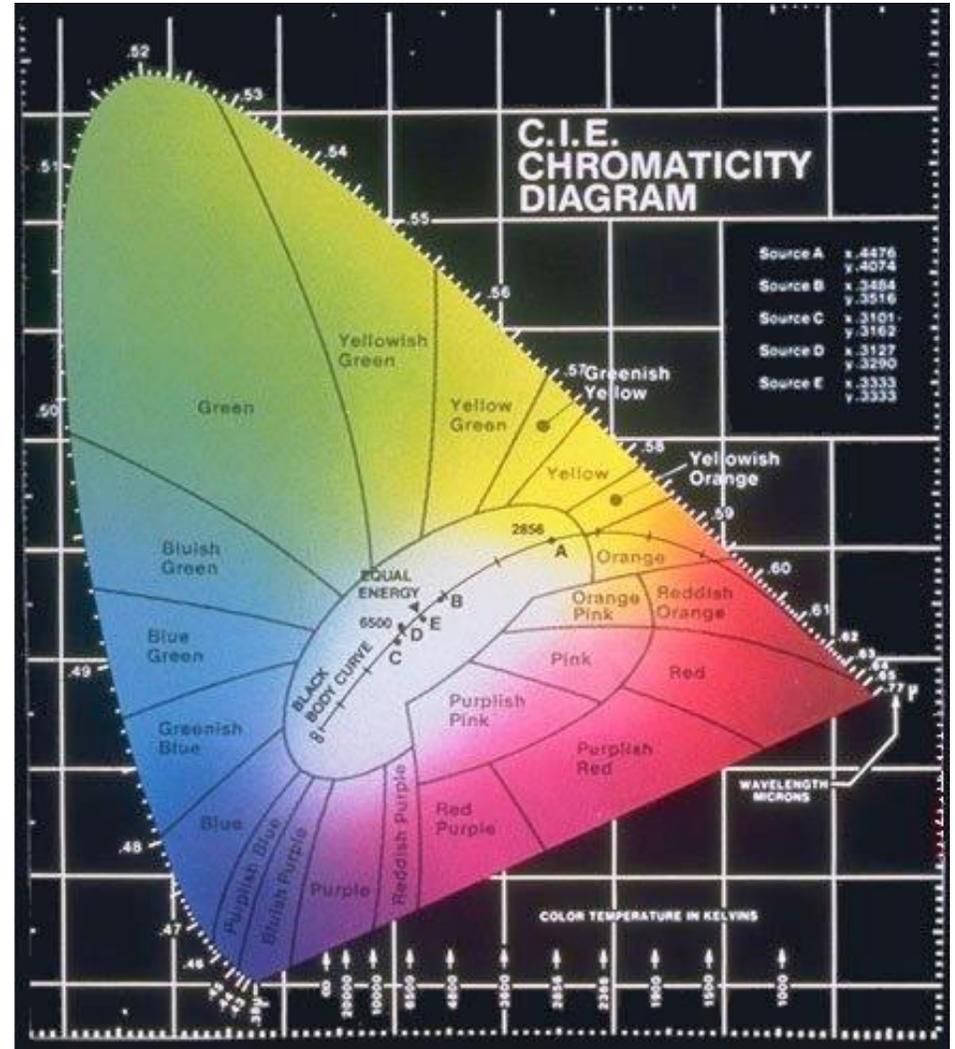
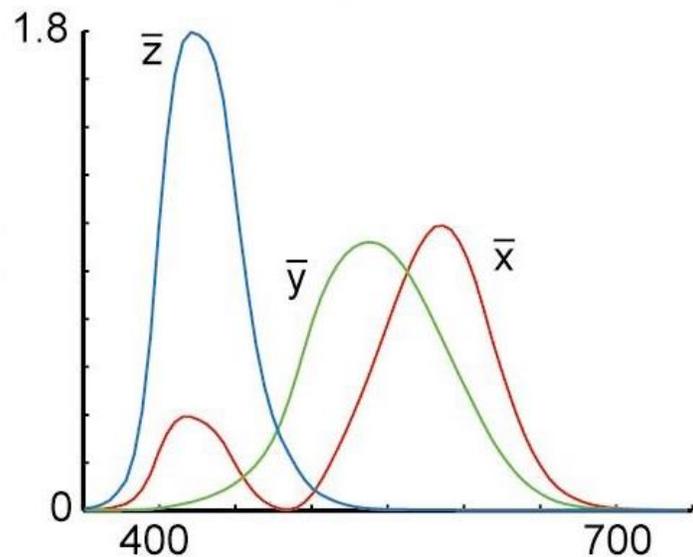


Diagrama CIE

Estandarizado en 1931 para representar matemáticamente la respuesta de tres estímulos de los conos en la retina.

Se definen matemáticamente 3 colores x , y , z



Gama de colores desplegada

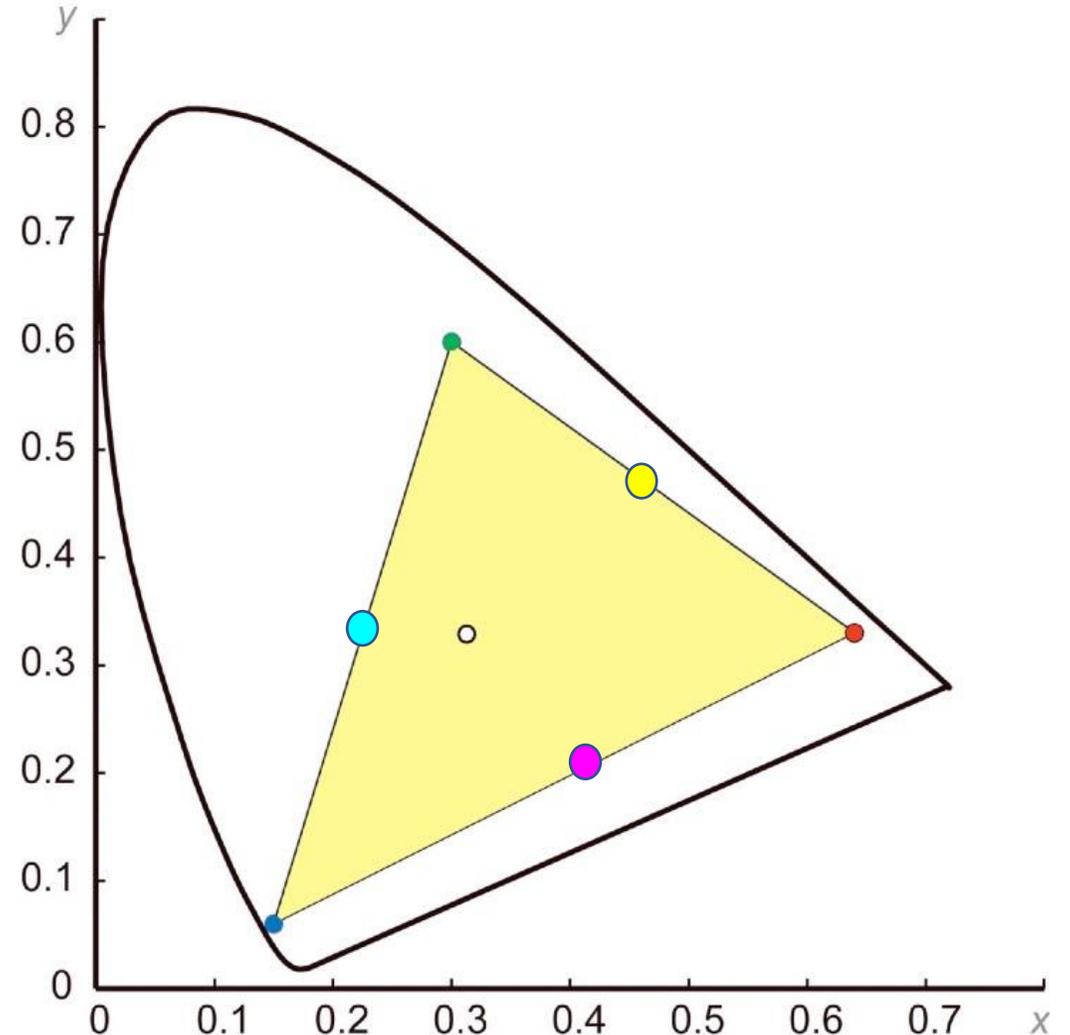
En general se define a partir de 3 colores (primarios), cuya combinación se da en una zona convexa.

Colores primarios aditivos (monitores)

RGB: Rojo Verde Azul

Colores primarios sustractivos (impresoras)

CMYK: Cian, Magenta, Amarillo, Negro

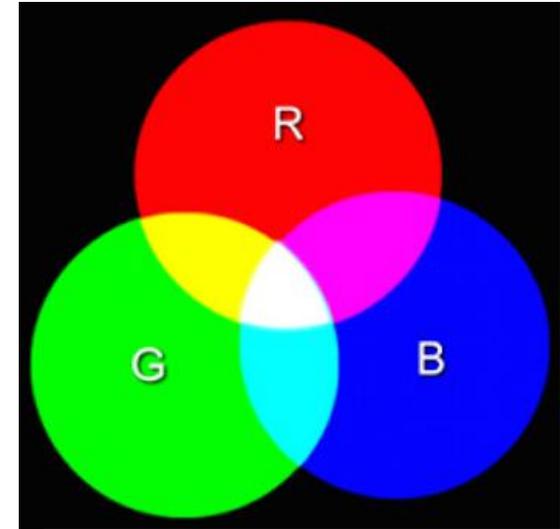


Gama de colores desplegada

En general se define a partir de 3 colores (primarios), cuya combinación se da en una zona convexa.

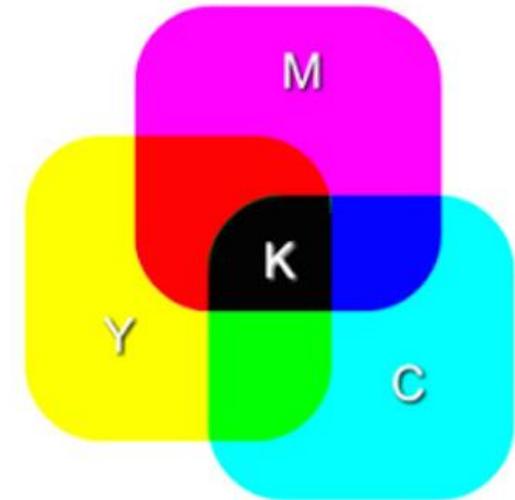
Colores primarios aditivos (monitores)

RGB: Rojo Verde Azul



Colores primarios sustractivos (impresoras)

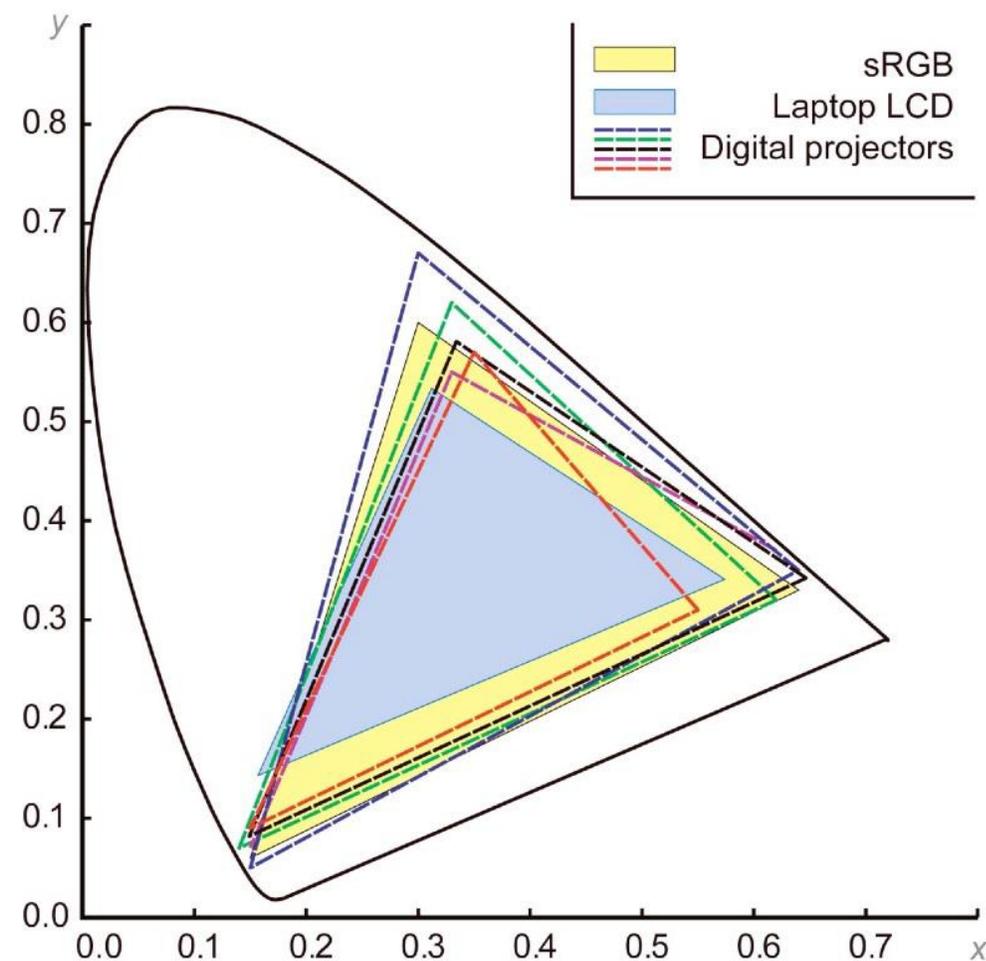
CMYK: Cian, Magenta, Amarillo, Negro



Gama de colores desplegada

En general se define a partir de 3 colores (primarios), cuya combinación se da en una zona convexa.

Los diferentes monitores, proyectores, etc tienen asociados diferentes triángulos, por eso ocurre que las mismas imágenes se vean diferentes según el color.

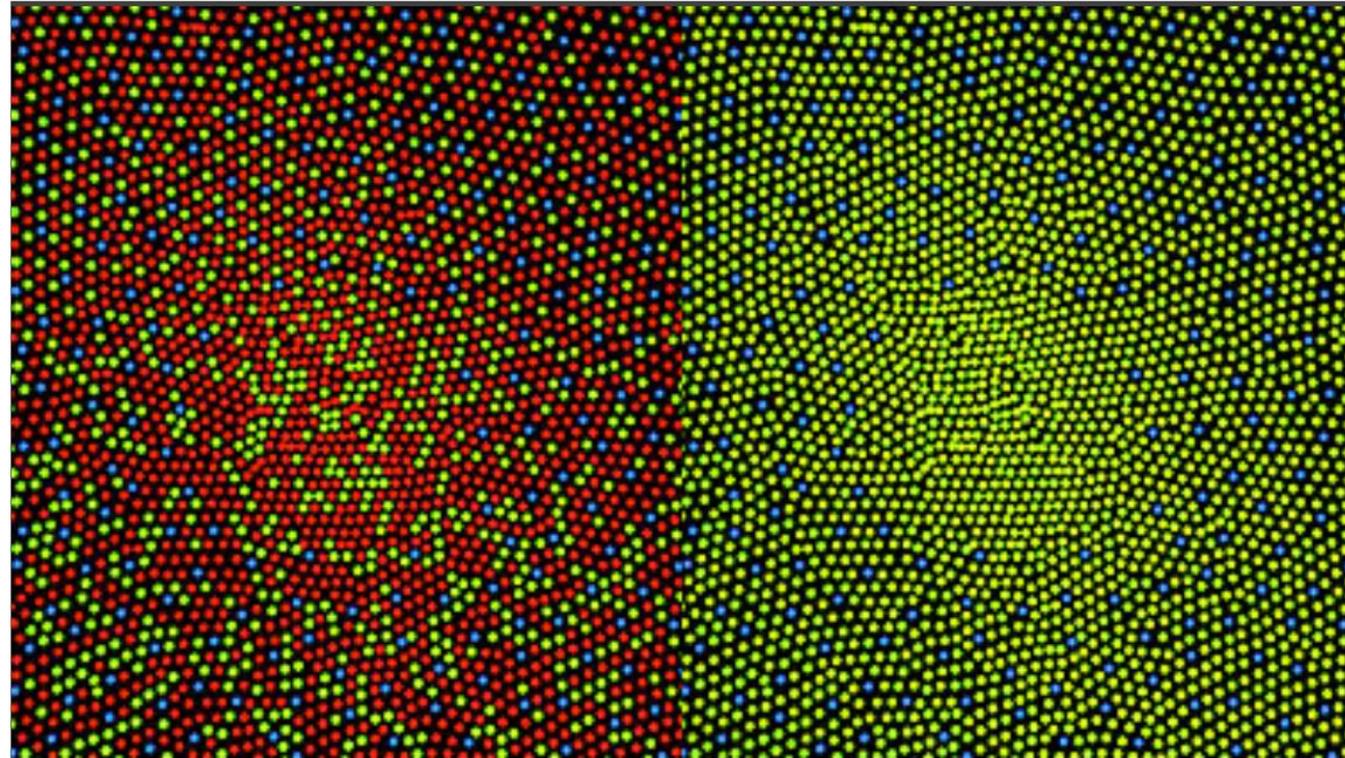


Ceguera al color

Un 10% de los hombres y un 1 ó 2% de las mujeres padece alguna forma de ceguera al color.

Las deficiencias más comunes se explican por una falta de conos sensibles a ondas de longitud de onda larga (deuteranopia) o de longitud media (protanopia).

Ambas deficiencias impiden distinguir el rojo del verde.



Normal Retina

Protanopia



Deuteranope

Protanope

Tritanope

Teoría de los colores oponentes

Para pintar todos los colores:

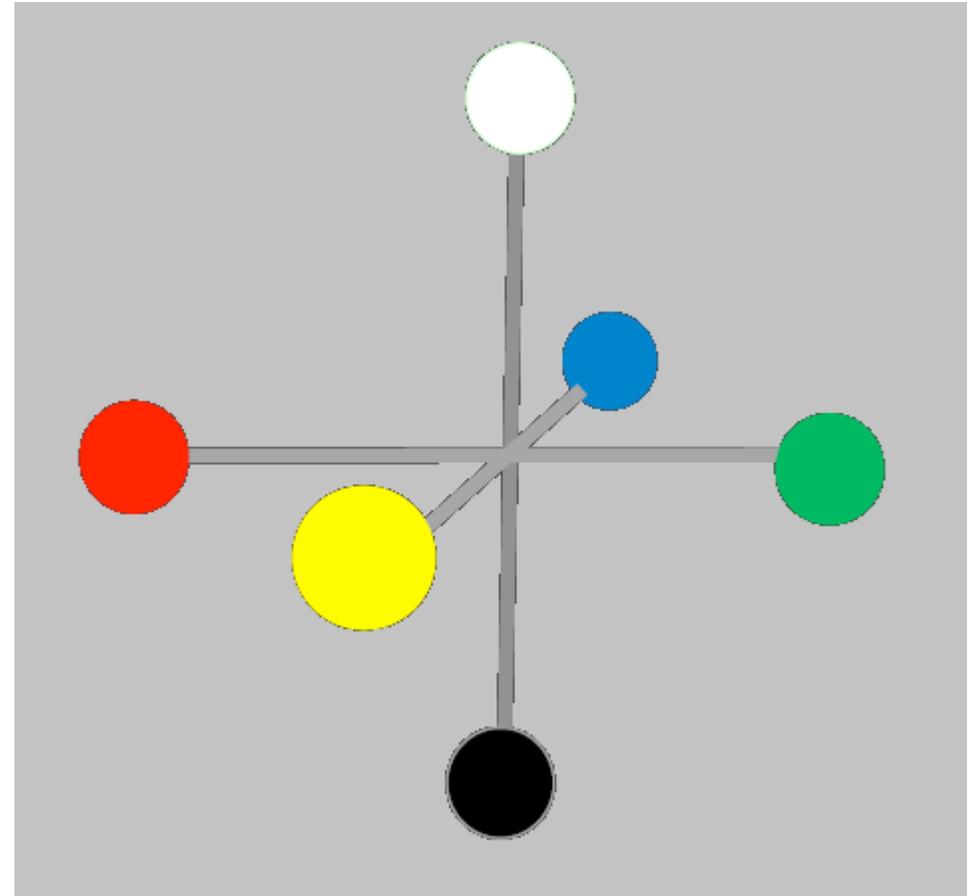
Leonardo da Vinci describe en su cuaderno una lista de colores simples:

Amarillo

Azul

Verde

Rojo



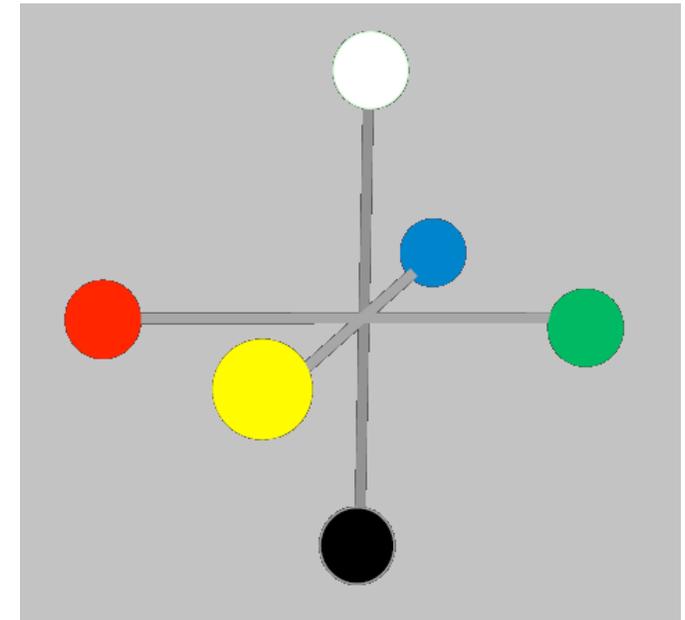
Teoría de los colores oponentes

Hering (siglo 19), establece que existen tres colores elementales que se ordenan como **pares oponentes** sobre tres ejes: blanco-negro, rojo-verde y amarillo-azul.

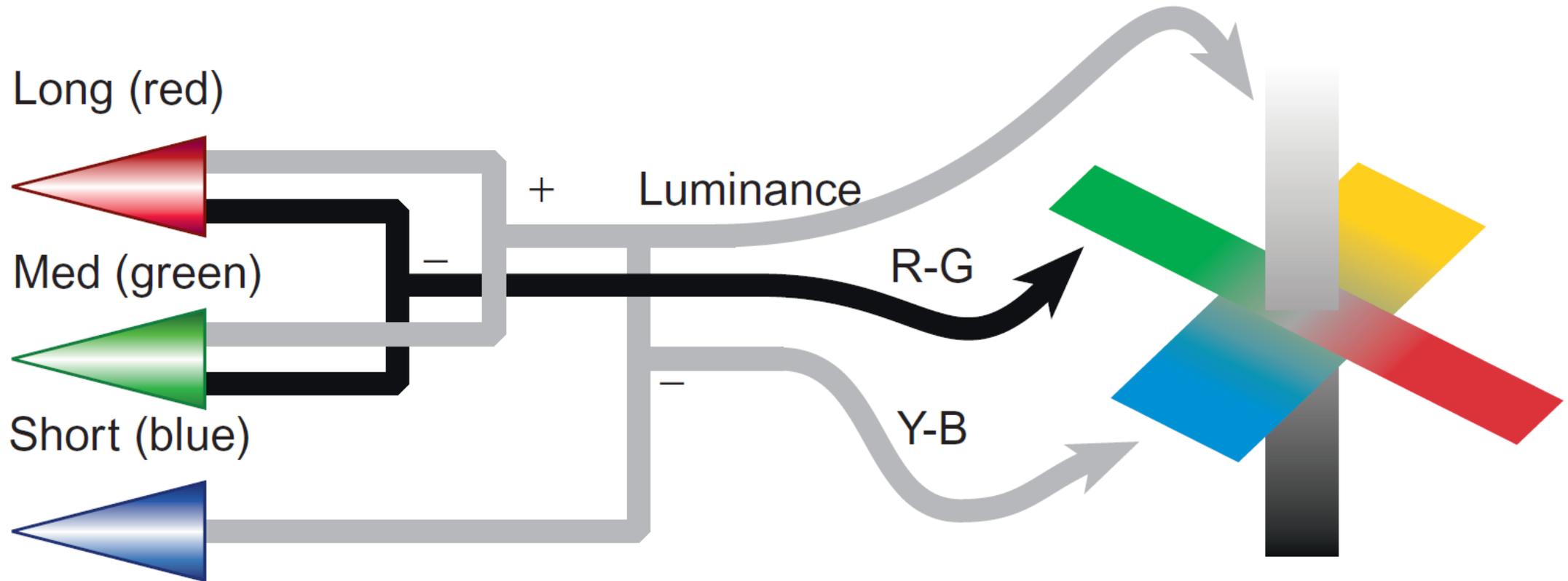
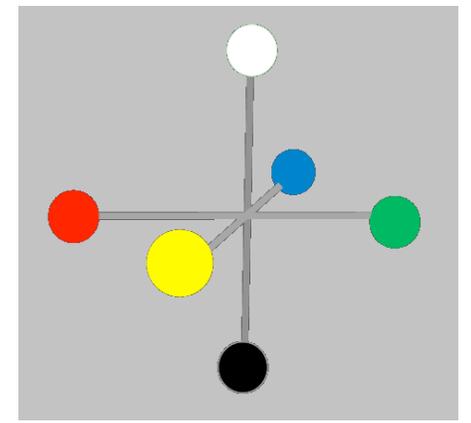
Hay evidencia fisiológica al respecto:

La entrada a los conos se procesa por tres canales luego de pasar por los receptores.

1. El canal de luminancia (blanco-negro) se basa en todos los conos.
2. El canal rojo-verde se basa en la diferencia de señales de larga y media longitud de onda.
3. El canal amarillo-azul se basa en la diferencia entre los conos de longitud de onda corta y la suma de los otros dos.

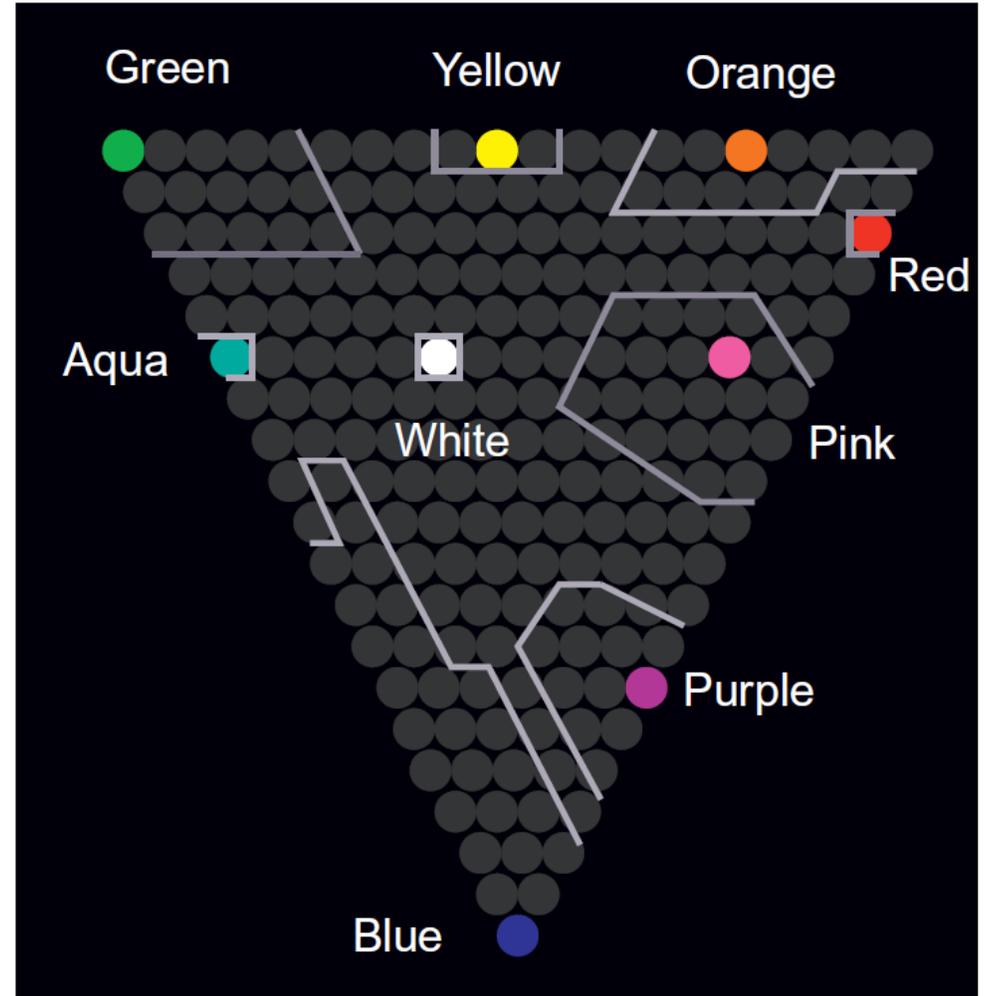


Teoría de los colores oponentes



Evidencias variadas

- No existe el color rojo-verdoso ni el azul-amarillento dado que son opuestos en la teoría.
- Al estudiar 100 lenguas primitivas (Berkin & Kay, 1969): se encontró que:
- Si existen 2 colores, estos son blanco y negro, si hay un 3ro este es rojo, 4to y 5to son el amarillo y verde, el 6to es el azul.
- Hay colores únicos: El amarillo se lo distingue con un error de 2nm de exactitud.
- 8 colores son consistentemente nombrados.



Regiones a las que se le asigna el mismo nombre con una probabilidad del 75%



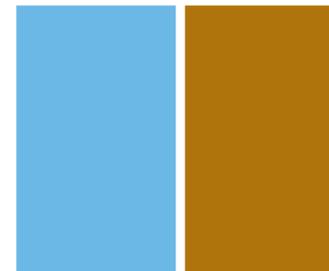
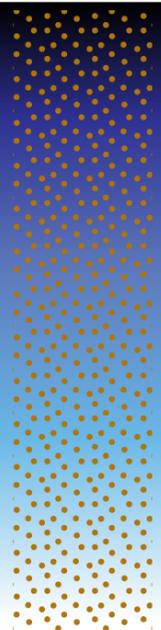


Propiedad de los canales de color

- **Sensibilidad espacial.**

- Los canales rojo-verde, azul-amarillo transmiten aprox. **1/3** del detalle del canal blanco-negro. Esto hace que si sólo hay diferencia cromática, los detalles sean más difíciles de percibir.
- Además del contraste de color debe haber contraste de luminancia, más si las formas coloreadas son pequeñas.

It is very difficult to read text that is isoluminant with its background color. If clear text material is to be presented it is essential that there be substantial luminance contrast with the background. Color contrast is not enough. This particular example is especially difficult because the chromatic difference is in the yellow blue direction. The only exception to the requirement for luminance contrast is when the purpose is artistic effect and not clarity.



Propiedad de los canales de color

- **Sensibilidad espacial.**

- Los canales rojo-verde, azul-amarillo transmiten aprox. **1/3** del detalle del canal blanco-negro. Esto hace que si sólo hay diferencia cromática, los detalles sean más difíciles de percibir.
- Además del contraste de color debe haber contraste de luminancia, más si las formas coloreadas son pequeñas.

Hello, here is some text. Can you read what it says?

Hello, here is some text. Can you read what it says?

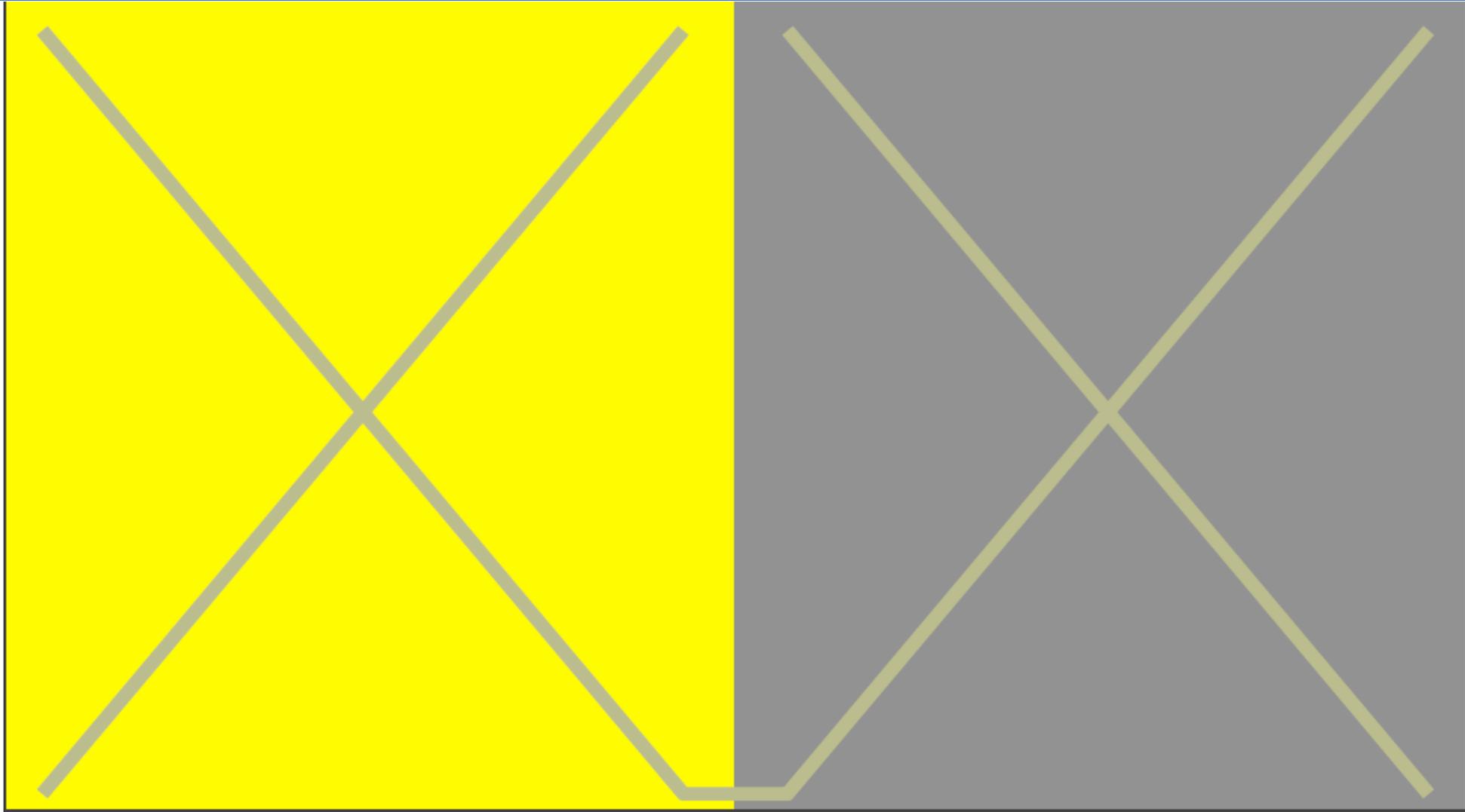
Hello, here is some text. Can you read what it says?

Hello, here is some text. Can you read what it says?

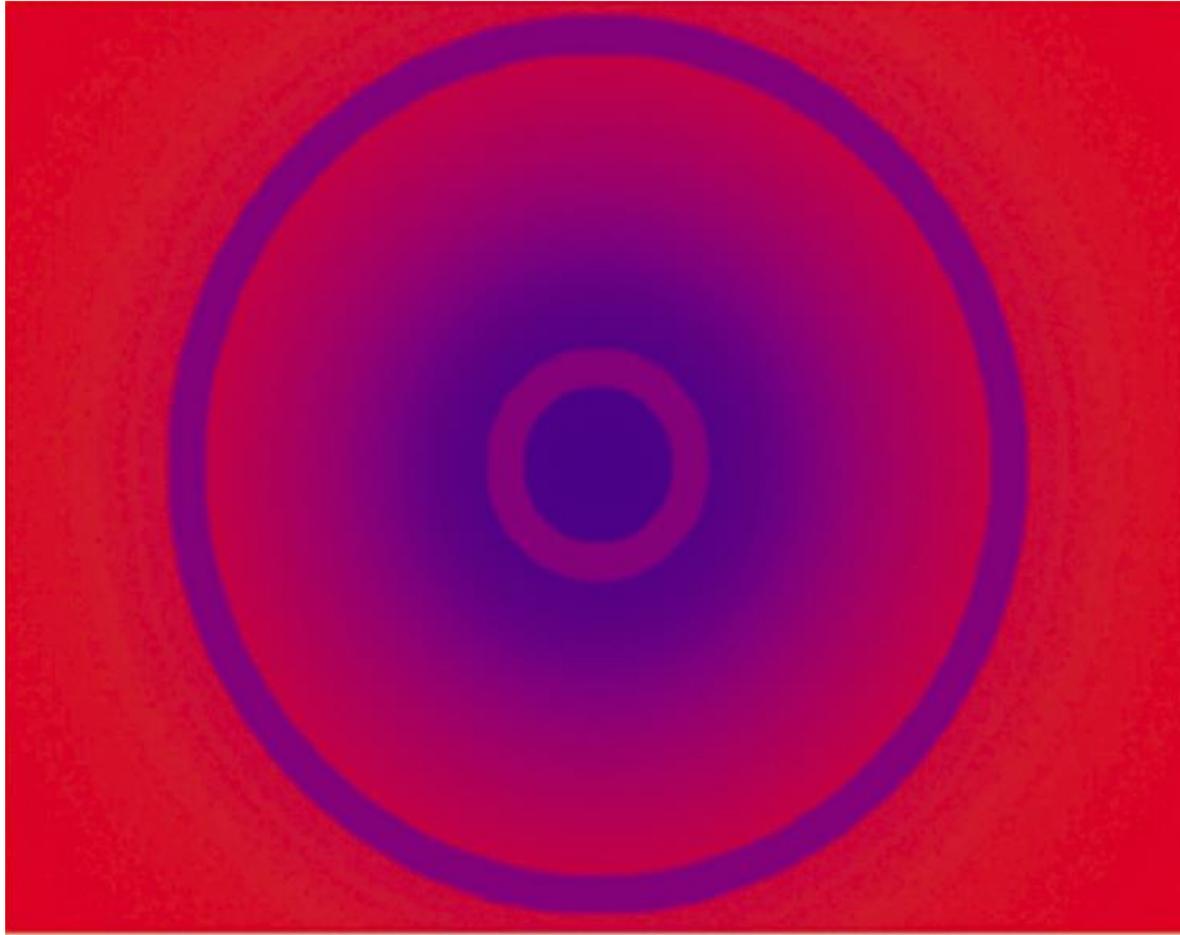
Hello, here is some text. Can you read what it says?

Hello, here is some text. Can you read what it says?

Los colores se perciben según su contexto



Los colores se perciben según su contexto

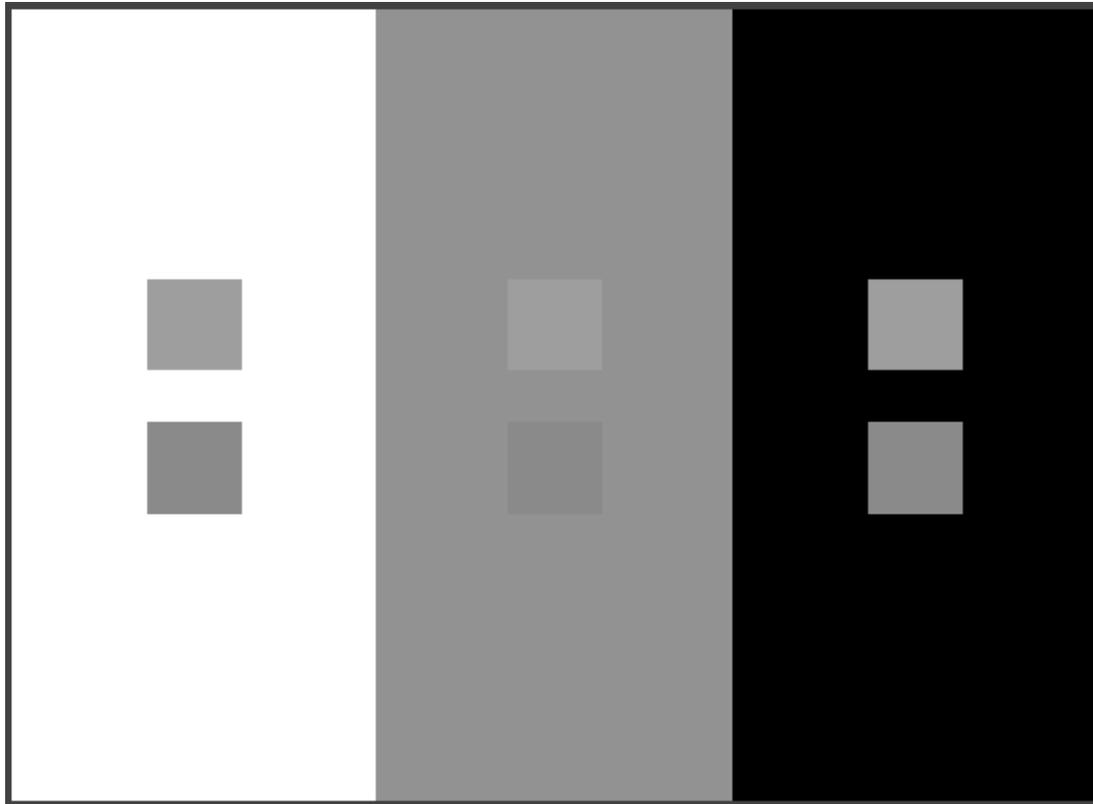


Los dos anillos tienen el mismo color

Los colores se perciben según su contexto



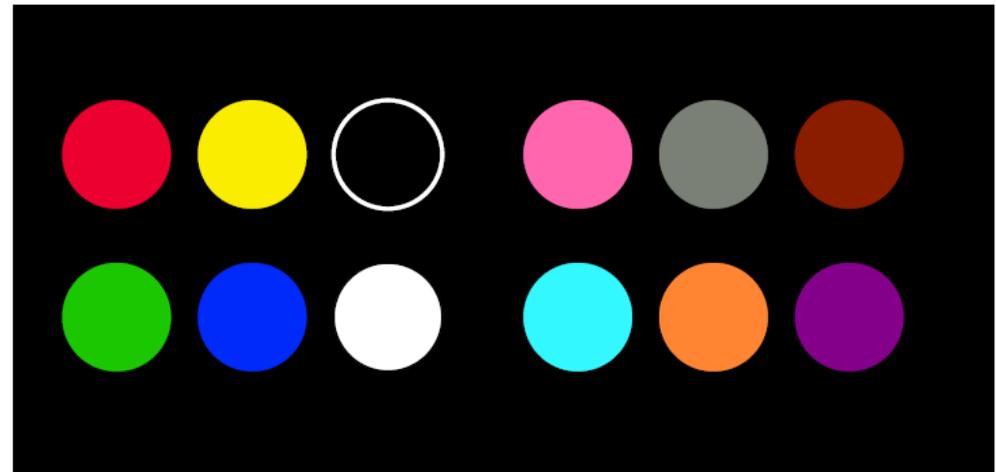
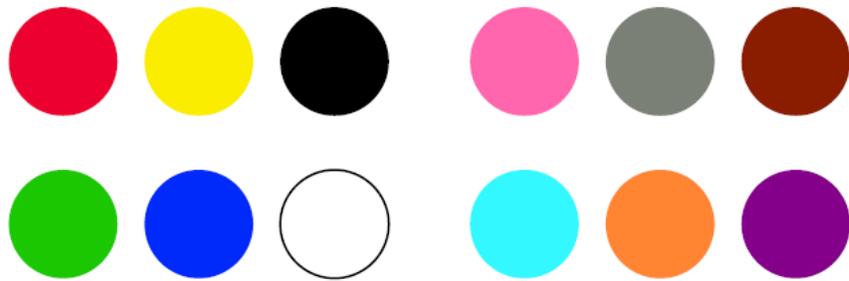
Los colores se perciben según su contexto



La diferencia de intensidades también se percibe según el contexto.

Colores para etiquetado

- Estos colores tienen nombre propio y son fácilmente identificables.



- Rojo, amarillo, negro, rosado, gris, marrón verde, azul, blanco, cian, naranja, púrpura

Colores para etiquetado

- Tintes únicos.
 - Rojo, Verde, Azul, Amarillo, Blanco y Negro son colores fácilmente distinguibles.
- Contraste con el fondo.
 - Para evitar efectos extraños, conviene poner un borde blanco o negro alrededor del objeto.
- Ceguera a los colores.
 - Es más común que no se distingan valores en la secuencia verde- rojo que en la secuencia azul-amarillo. Debería servir aun al imprimir en blanco y negro.
- Número.
 - Utilizar para codificación de 5 a 10 colores.
- Colores y conceptos que estén alineados.
- ¡No abusar de la capacidad de la gente!

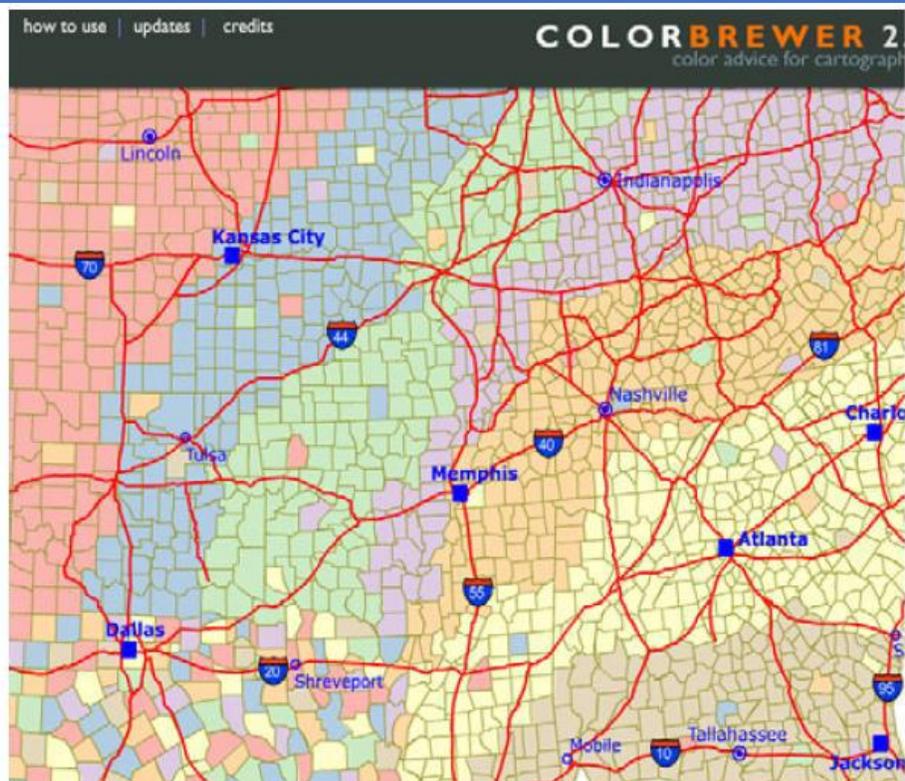
Colores para etiquetado

- Tamaño.

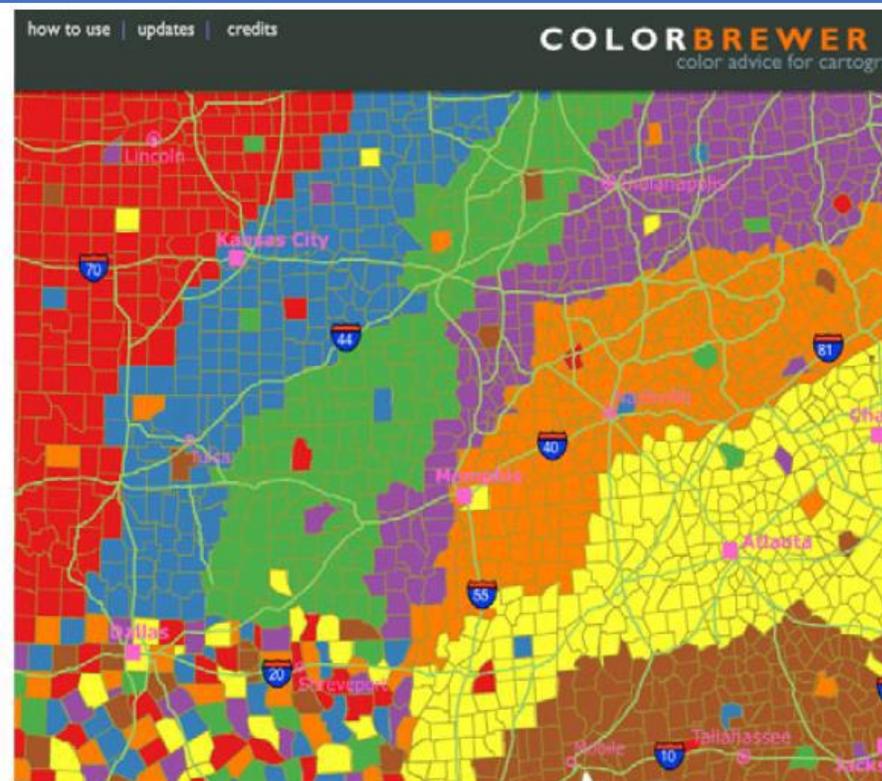
- Los objetos deben ser grandes (mínimo de 1/2 grado), sobre todo si las diferencias están en la dirección azul-amarillo.
- Cuanto más grande el área, mejor se distinguen los colores.
- Si se utilizan áreas grandes, mejor que sean de baja saturación.



Colores para etiquetado



- Baja saturación en superficies y alta saturación en símbolos y líneas.



- Alta saturación en superficies y baja saturación en símbolos y líneas.

Colores para etiquetado

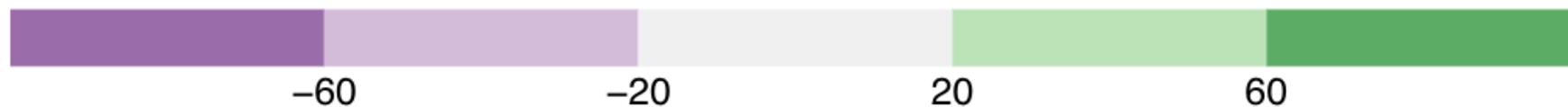
Valores discretos: color asociado a una etiqueta



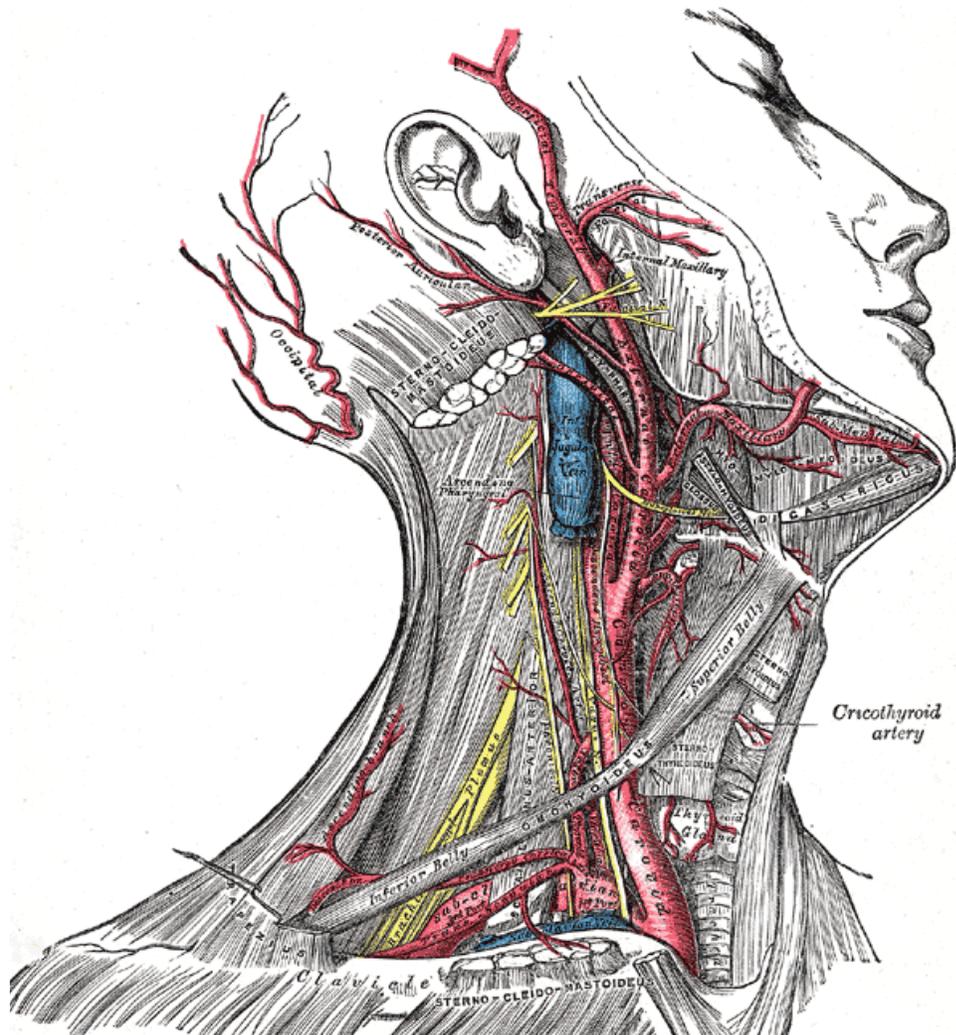
Continuidad de valores: gradiente de valores y etiquetas en algunos valores



Continuidad “discreta”: gradiente discreto de valores y etiquetas indicadoras



Colores para etiquetado: Valores discretos



Disección superficial del lado derecho del cuello, mostrando la arteria carótida y subclavia. <http://www.bartleby.com/107/illus520.html>

Colores para etiquetado: Valores discretos

UNITED STATES FREQUENCY ALLOCATIONS THE RADIO SPECTRUM

RADIO SERVICES COLOR LEGEND

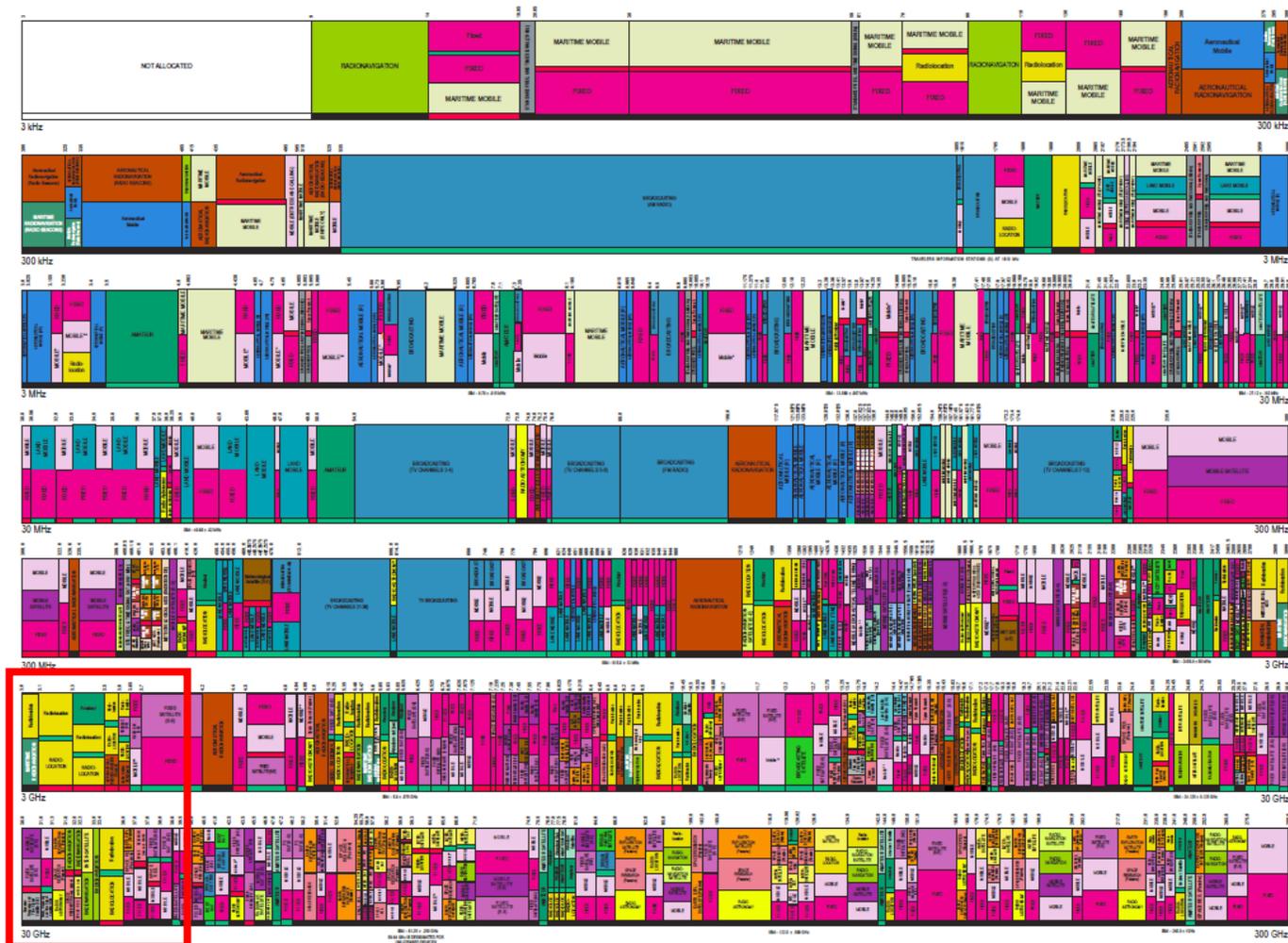
AERONAUTICAL MOBILE	INTERSATELLITE	RADIO ASTRONOMY
AERONAUTICAL MOBILE SATELLITE	LAND MOBILE	RADIO DETERMINATION SATELLITE
AERONAUTICAL RADIO NAVIGATION	LAND MOBILE SATELLITE	RADIO LOCATION
AMATEUR	MARITIME MOBILE	RADIO LOCATION SATELLITE
AMATEUR SATELLITE	MARITIME MOBILE SATELLITE	RADIO NAVIGATION
BROADCASTING	MARITIME RADIO NAVIGATION	RADIO NAVIGATION SATELLITE
BROADCASTING SATELLITE	METEOROLOGICAL AID	SPACE OPERATION
DEPTH DETERMINATION SATELLITE	METEOROLOGICAL	SPACE RESEARCH
FIXED	MOBILE	STANDARD FREQUENCY AND TIME SIGNAL
FIXED SATELLITE	MOBILE SATELLITE	STANDARD FREQUENCY AND TIME SIGNAL SATELLITE

ACTIVITY CODE

GOVERNMENT EXCLUSIVE	GOVERNMENT-NON-GOVERNMENT SHARED
NON-GOVERNMENT EXCLUSIVE	

ALLOCATION USAGE DESIGNATION

SERVICE	EXAMPLE	DESCRIPTION
Primary	FIXED	Optical System
Secondary	MOBILE	And Primary/Secondary/Secondary/Secondary



Ubicación del espectro radial <https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/2003-allochrt.pdf>

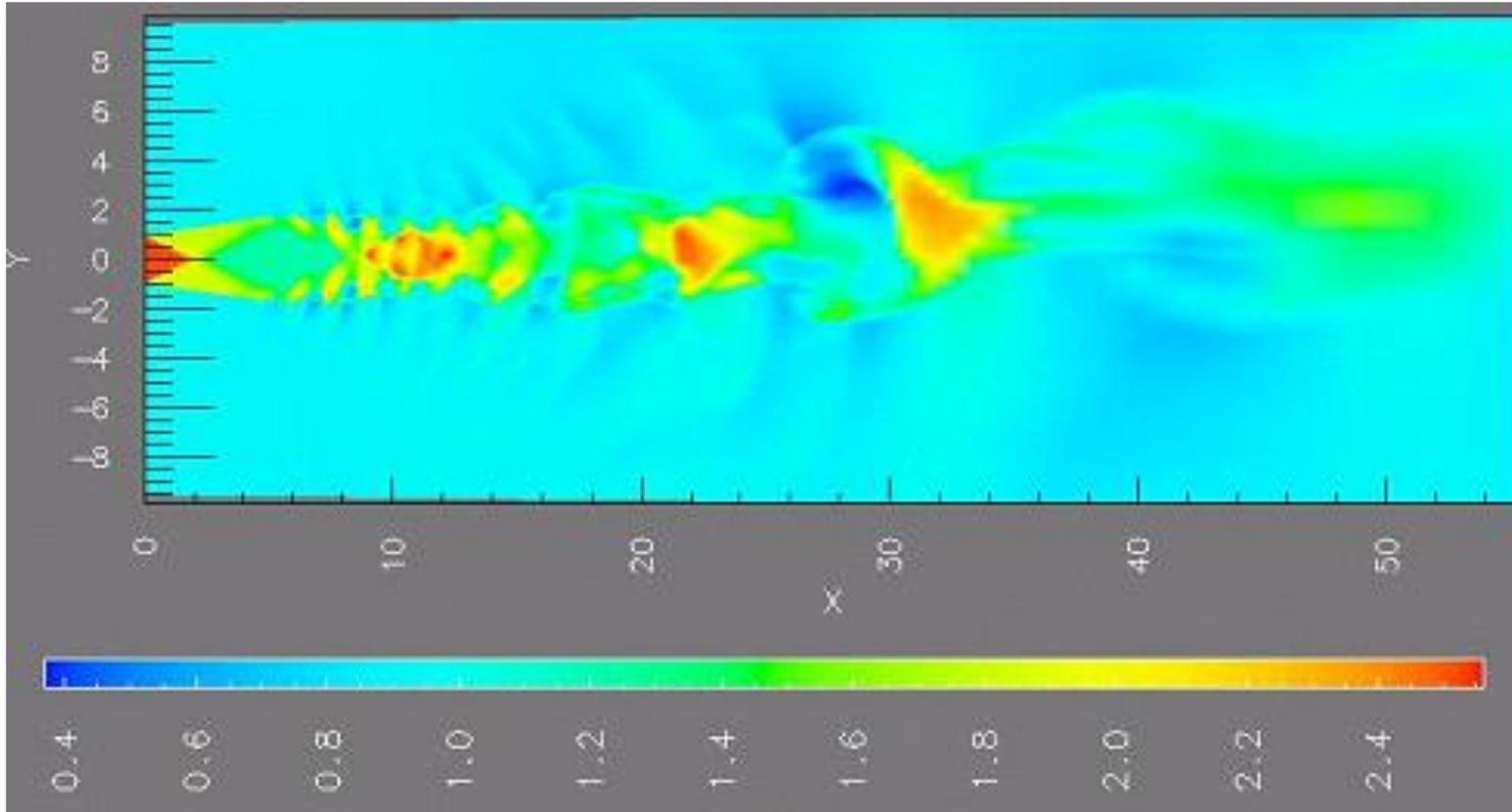
Colores para etiquetado: Valores discretos

- Demasiados colores.
- Difícil de recordar la relación.
- Colores similares.
- Agrupamiento pobre: colores similares, significados muy distintos.
- Etiquetado confuso.
- Colores cercanos interfieren.
- Interacción

RADIO SERVICES COLOR LEGEND

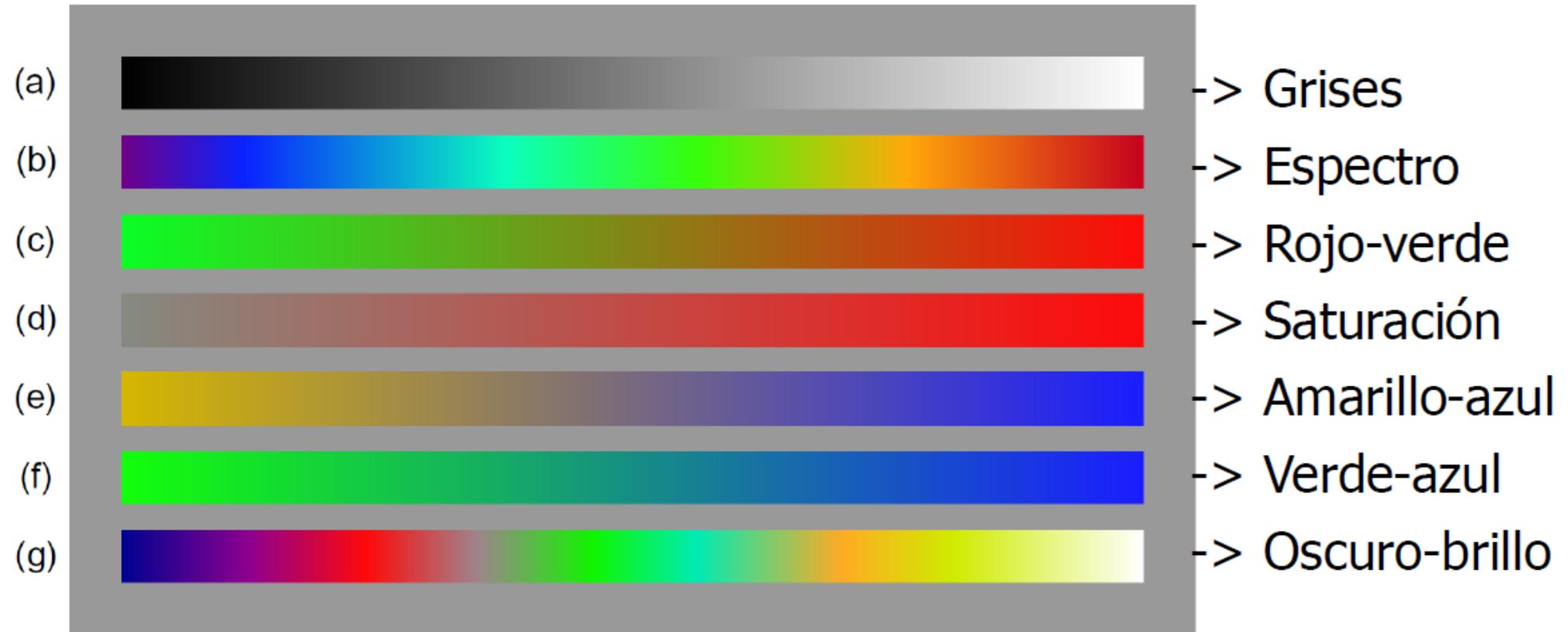
 AERONAUTICAL MOBILE	 INTER-SATELLITE	 RADIO ASTRONOMY
 AERONAUTICAL MOBILE SATELLITE	 LAND MOBILE	 RADIODETERMINATION SATELLITE
 AERONAUTICAL RADIONAVIGATION	 LAND MOBILE SATELLITE	 RADIOLOCATION
 AMATEUR	 MARITIME MOBILE	 RADIOLOCATION SATELLITE
 AMATEUR SATELLITE	 MARITIME MOBILE SATELLITE	 RADIONAVIGATION
 BROADCASTING	 MARITIME RADIONAVIGATION	 RADIONAVIGATION SATELLITE
 BROADCASTING SATELLITE	 METEOROLOGICAL AIDS	 SPACE OPERATION
 EARTH EXPLORATION SATELLITE	 METEOROLOGICAL SATELLITE	 SPACE RESEARCH
 FIXED	 MOBILE	 STANDARD FREQUENCY AND TIME SIGNAL
 FIXED SATELLITE	 MOBILE SATELLITE	 STANDARD FREQUENCY AND TIME SIGNAL SATELLITE

Colores para etiquetado: Valores continuos



- Colores no tienen un orden perceptual.
- Colores no son percibidos por daltónicos.
- La gente segmenta los colores (los nombra).
- Algunos colores son menos efectivos cuando hay altas frecuencias.

Colores para etiquetado: Valores continuos



- (e) y (f) son visibles por la mayoría de los daltónicos.
- (g) es una secuencia de colores donde cada color es más brillante que el anterior (espiral).

Colores para etiquetado: Valores continuos (escala de colores “viridis”)

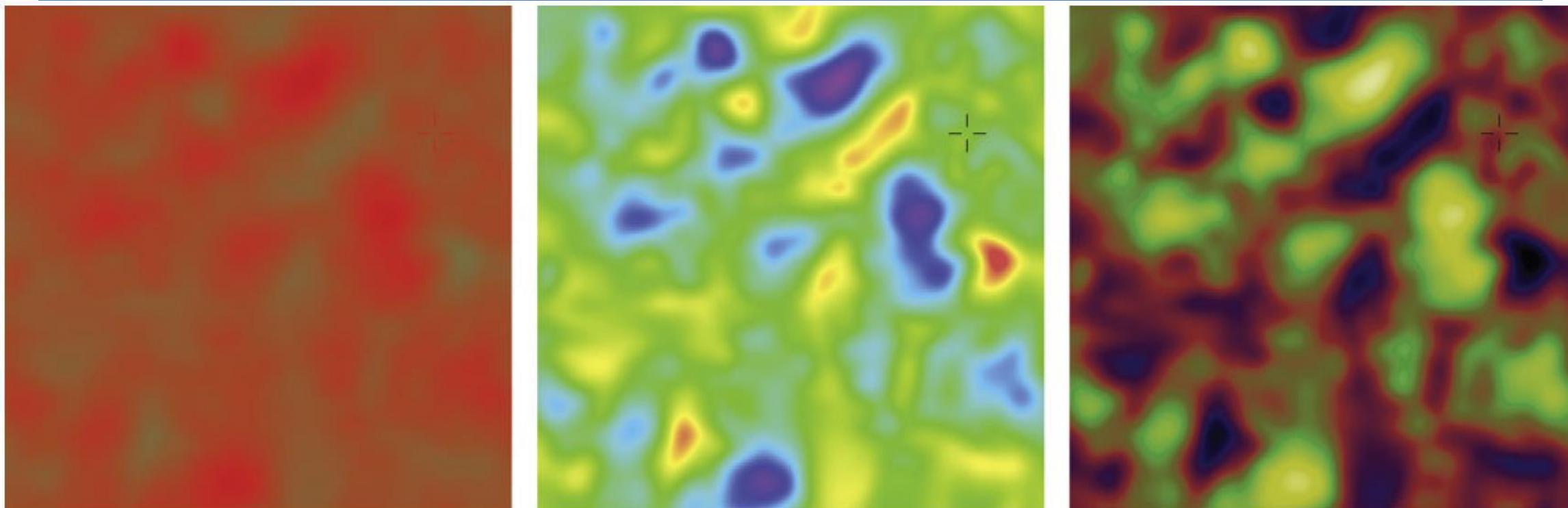


<https://cran.r-project.org/web/packages/viridis/vignettes/intro-to-viridis.html#the-color-scales>

Colores para etiquetado: Valores continuos

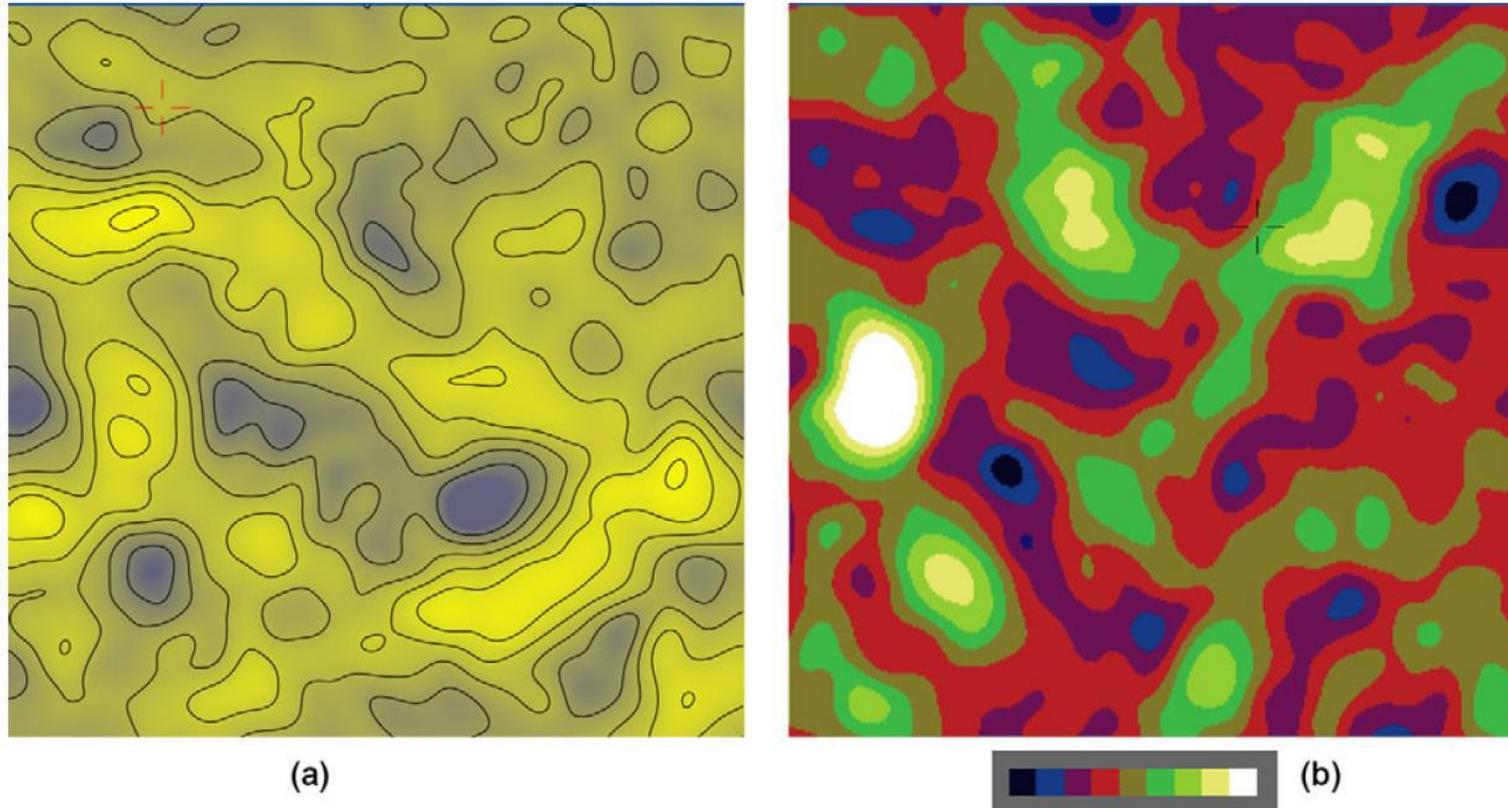
- Blanco-negro, rojo-verde, amarillo-azul son secuencias perceptualmente ordenables.
- Si se debe percibir muchos detalles de una imagen, es mejor una secuencia basada principalmente en luminancia.
- Si se quiere percibir los valores a través del color, es mejor utilizar una secuencia con muchos colores.
- Existen secuencias en espiral (ciclos de colores cada vez más luminosos)
- *Dar pseudocolor* a una imagen puede servir para realzar información relevante.

Colores para etiquetado: Valores continuos



Los mismos datos representados con secuencias de colores de: saturación, espectro, y espiral. La secuencia en espiral permite distinguir fácilmente los altos y bajos así como leer valores con relativa precisión.

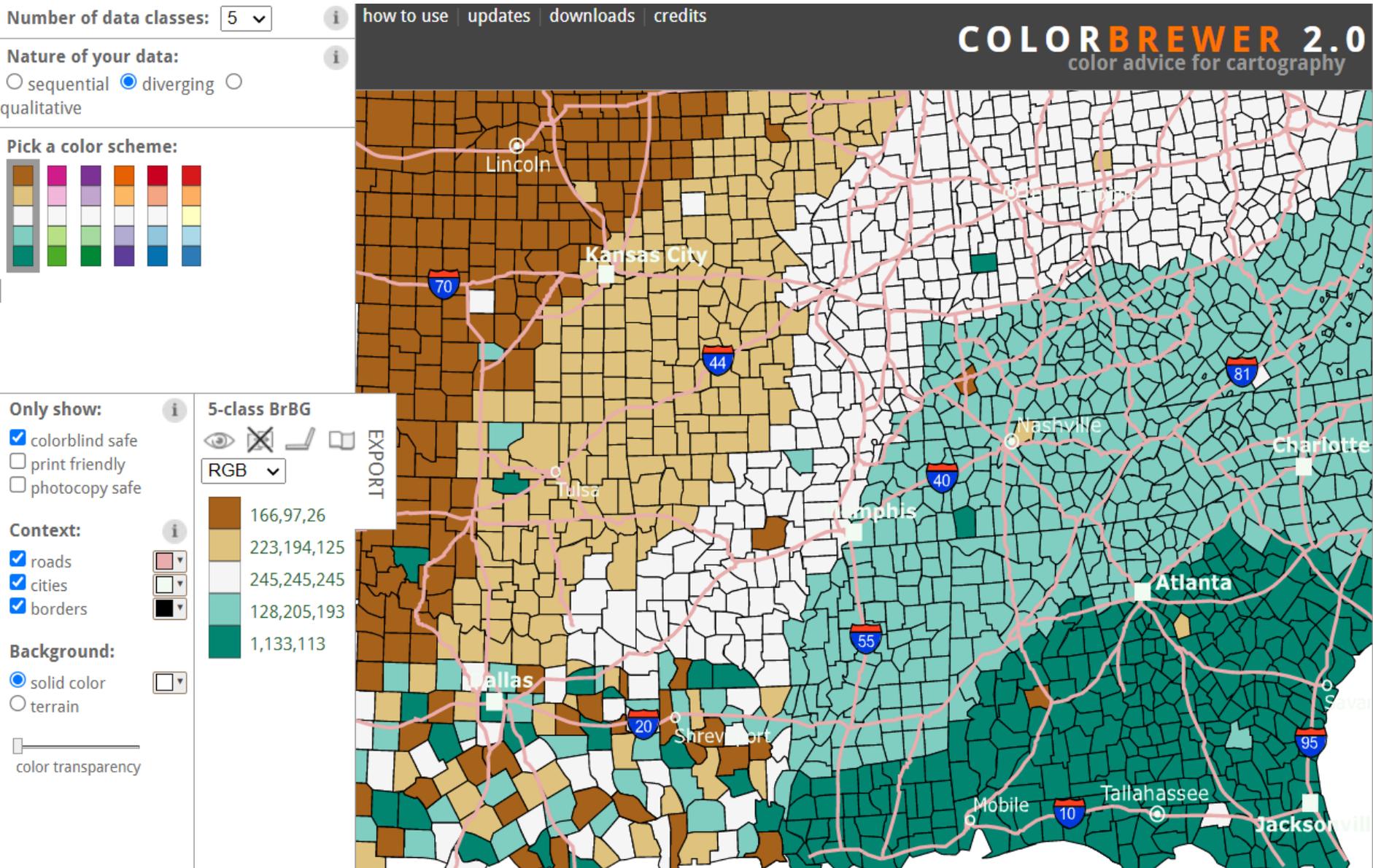
Colores para etiquetado: Continuidad “discreta”



(a) Los contornos ayudan a mostrar intervalos iguales de datos a pesar de que se deben agregar etiquetas con números.

(b) Secuencia discreta de colores permite lecturas más confiables los datos, que usando una secuencia continua.

Colores para etiquetado: Continuidad “discreta”



<https://colorbrewer2.org/>

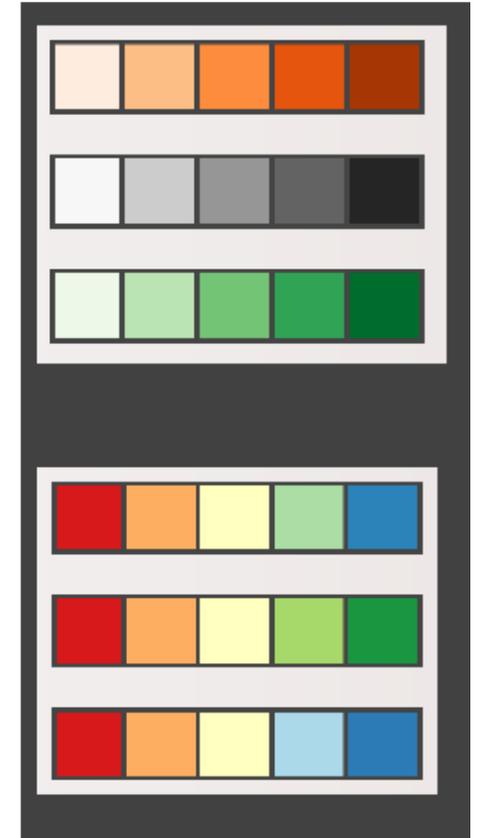
Colores para etiquetado: Continuidad “discreta”

Escala de color secuencial

- Variación constante de luminancia, posiblemente también de tono
- Valor más alto -> color más oscuro (o viceversa)

Escala de colores divergentes

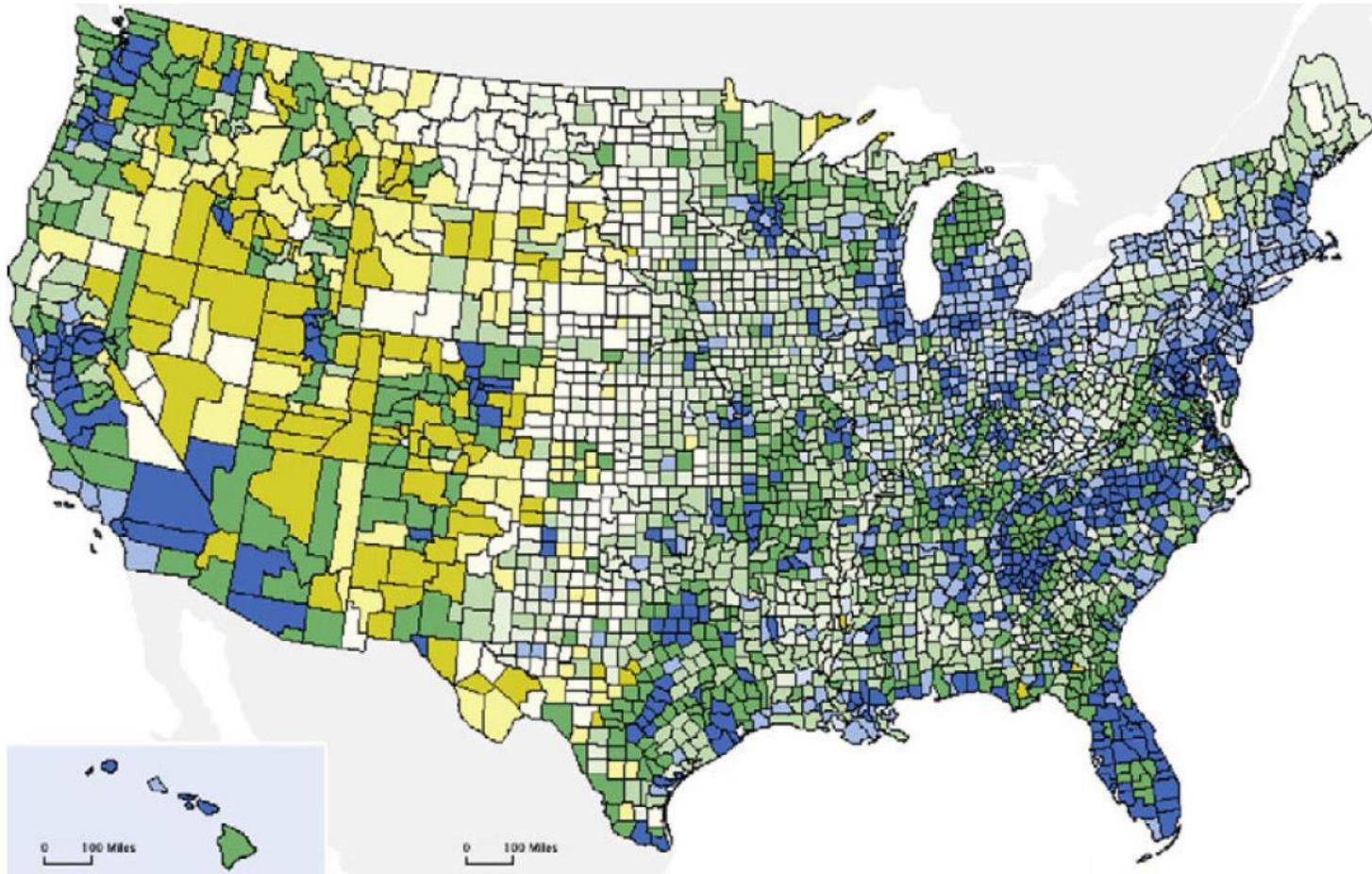
- Útil cuando los datos tienen un "punto medio" significativo
- Use un color neutro (por ejemplo, gris) para el punto medio
- Utilice colores saturados para los puntos finales
- Limite el número de pasos en color a 3-9





Escala de colores divergentes, donde el negro representa el cero.
Los positivos son valores crecientes de verde
Los negativos son valores crecientes de rojo

Secuencia de colores para dos variables



Variable una → tono/tinta
Variable dos → brillo

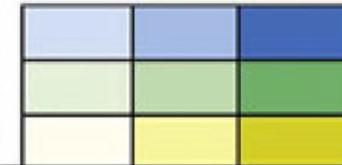
People per
square mile
1990

Legend rows

70.3 or more

7.0 - 70.2

Less than 7.0

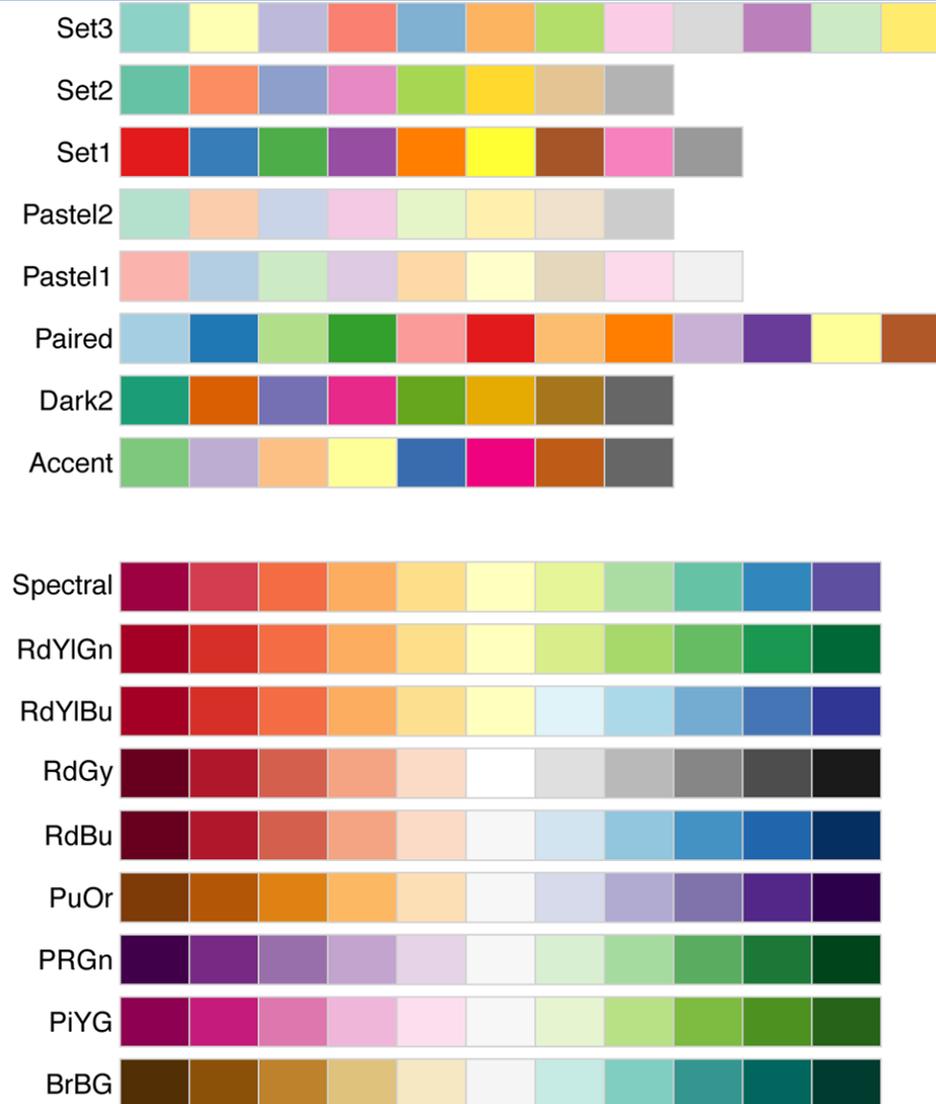


Percent change
in population
1990 to 2000

Legend columns

Loss
0.0 to 13.1
13.2 or more

Colores en R



Paletas de colores de R
basadas en colorbrewer

<https://colorbrewer2.org/>

Colores en R

`colors()[143]` da un color amarillo

<https://www.r-graph-gallery.com/41-value-of-the-color-function.html>

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42
43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84
85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147
148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168
169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189
190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231
232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252
253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273
274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294
295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315
316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336
337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357
358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378
379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399
400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420
421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441
442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462
463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483
484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504
505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525
526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546
547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567
568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588
589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609
610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630
631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651

Colores en R

“cyan” da el color cian

Si se tipea `> color()` da una lista de 657 colores.

En la figura sólo se ve un subconjunto de todos los colores.

<https://www.r-graph-gallery.com/42-colors-names.html>

white	aliceblue	antiquewhite	antiquewhite1	antiquewhite2
antiquewhite3	antiquewhite4	aquamarine	aquamarine1	aquamarine2
aquamarine3	aquamarine4	azure	azure1	azure2
azure3	azure4	beige	bisque	bisque1
bisque2	bisque3	bisque4		blanchedalmond
blue	blue1	blue2	blue3	blue4
blueviolet	brown	brown1	brown2	brown3
brown4	burlywood	burlywood1	burlywood2	burlywood3
burlywood4	cadetblue	cadetblue1	cadetblue2	cadetblue3
cadetblue4	chartreuse	chartreuse1	chartreuse2	chartreuse3
chartreuse4	chocolate	chocolate1	chocolate2	chocolate3
chocolate4	coral	coral1	coral2	coral3
coral4	cornflowerblue	cornsilk	cornsilk1	cornsilk2
cornsilk3	cornsilk4	cyan	cyan1	cyan2
cyan3	cyan4	darkblue	darkcyan	darkgoldenrod
darkgoldenrod1	darkgoldenrod2	darkgoldenrod3	darkgoldenrod4	darkgray
darkgreen	darkgrey	darkkhaki	darkmagenta	darkolivegreen
darkolivegreen1	darkolivegreen2	darkolivegreen3	darkolivegreen4	darkorange
darkorange1	darkorange2	darkorange3	darkorange4	darkorchid
darkorchid1	darkorchid2	darkorchid3	darkorchid4	darkred
darksalmon	darkseagreen	darkseagreen1	darkseagreen2	darkseagreen3
darkseagreen4	darkslateblue	darkslategray	darkslategray1	darkslategray2
darkslategray3	darkslategray4	darkslategray	darkturquoise	darkviolet
deeppink	deeppink1	deeppink2	deeppink3	deeppink4
deepskyblue	deepskyblue1	deepskyblue2	deepskyblue3	deepskyblue4