

Cazar Colores. La relatividad cromática en las APPs de color como caso de estudio

Colors Hunt. Chromatic relativity in color APPs as a case study

Fernández Quesada, Blanca

Universidad Complutense de Madrid

blancfer@ucm.es

Alonso Muñoz, Fernando

Universidad Complutense de Madrid

feralons@ucm.es

Recibido / Received: 12/04/2023
Aprobado / Approved: 20/02/2024

Resumen

Para el ámbito artístico, los programas de captura de color pueden ser una herramienta muy útil para identificar y relacionar colores concretos en un contexto. A través de la cámara de *smartphone*, o de una fotografía almacenada en su memoria, la aplicación proporciona la tonalidad de una zona seleccionada: la visualización del tono en la propia pantalla del dispositivo, la nomenclatura en un sistema estandarizado de color y su denominación. Pero

¿cómo de precisas son? En este artículo se presenta un análisis empírico de estas aplicaciones de captura de color para *smartphones* desde la experiencia de usuario con el objetivo de valorar su fiabilidad para su uso como recurso creativo.

Tras una selección previa de aquellas aplicaciones que tienen mayor número de descargas, el estudio se ha realizado con unas muestras de color idénticas, un amplio grupo de *smartphones* con sus respectivos tomadores y una ubicación concreta para realizar las capturas. Los datos obtenidos se han analizado en conjunto y se han comparado con los que proporcionan las cartas de color, el colorímetro y el espectrofotómetro. Los resultados han presentado notables diferencias, en los datos extraídos de los tomadores y en los que proporcionan los aparatos de medida. Pese a la falta de fiabilidad, los creativos la encuentran de gran interés para emplearla en su proceso artístico.

Palabras clave: *APPs*, captación color, relatividad cromática, ciencia del color, tecnología accesible.

Fernández Quesada, B. & Alonso Muñoz, F. (2024). Cazar Colores. La relatividad cromática en las *APPs* de color como caso de estudio. *ArDIn. Arte, Diseño e Ingeniería*, 13, 1-25.

Abstract

For the artistic field, color capture programs can be a very useful tool to identify and relate specific colors in a context. Through the smartphone camera, or a photograph stored in its memory, the application provides the tone of a selected area: the display of the tone on the device's own screen, the nomenclature in a standardized color system and its denomination. But how accurate are they? This article presents an empirical analysis of these color capture applications for smartphones from the user experience with the aim of assessing their reliability for use as a creative resource.

After a prior selection of those applications that have the highest number of downloads, the study was carried out with identical color samples, a large group of smartphones with their respective takers and a specific location to take the captures. The data obtained have been analyzed together and compared with those provided by the color charts, the colorimeter

and the spectrophotometer. The results have presented notable differences, in the data extracted from the takers and in that provided by the measuring devices. Despite the lack of reliability, creatives find it of great interest to use in their artistic process.

Keywords: APPs, color capture, chromatic relativity, color science, accessible technology.

Fernández Quesada, B. & Alonso Muñoz, F. (2024). Colors Hunt. Chromatic relativity in color APPs as a case study. *ArDIn. Arte, Diseño e Ingeniería*, 13, 1-25.

Sumario: 1. Introducción. 2. Caso de Estudio. 2.1. Preparación del Estudio. 2.2. Participantes. 2.3. Fases del estudio. 2.3.1. Toma de datos individuales. 2.3.2. Toma de datos conjuntos. 2.3.3. Toma de datos de cartas de color, espectrofotómetro y colorímetro. 3. Resultados. 3.1. Análisis de los datos obtenidos con el mismo tomador. 3.2. Análisis de los datos obtenidos por todos los tomadores. 3.3. Análisis de los datos obtenidos con las cartas de color, el espectrofotómetro y el colorímetro. 4. Conclusiones. Referencias

1. Introducción

Los *smartphones* registran estímulos físicos externos tales como color, iluminación, sonido, temperatura o humedad a través de las propias prestaciones del dispositivo (hardware) y los programas concretos en él instalados (software). Hasta la fecha se han desarrollado varios millones de aplicaciones de móvil (*APPs* en adelante). Entre ellas hay *APPs* de captura de color que se encargan de recoger un valor concreto que ha sido obtenido por los sensores de la cámara y procesado matemáticamente por el software del móvil y visionado en la pantalla digital (aparición de color igual o cercana a la de nuestra visión).

En el mercado digital podemos adquirir fácilmente estas *APPs* a través de diferentes plataformas según el sistema operativo del aparato (Android, iOS, Windows o Blackberry) en Google Play, Apple Store, Windows Phone Store, Blackberry World o Amazon Appstore. Son accesibles e inmediatas porque, instaladas en cualquiera de los dispositivos que diariamente llevamos, las podemos utilizar en cualquier momento que lo necesitemos. Además, a priori, pueden ser muy atractivas porque son independientes del observador, es decir, no responden al juicio de valor de la contemplación individual que siempre se presenta a la hora de identificar un color concreto.

En el caso de las de captura y selección de color, nos permiten tomar un testigo del color que estamos viendo o hemos encontrado; guardarlo en un dispositivo electrónico, seleccionar la combinación que deseamos y vincularlo con un tono exacto de un espacio de color o una carta de colores de una marca concreta e, incluso, con los productos asociados. Además, podemos transformarlo y relacionarlo con imágenes u otros colores; enviarlo o compartirlo, trasladarlo a todo tipo de imágenes y traducirlo a diferentes materiales. Con estas aplicaciones, cualquier usuario “caza” colores instantáneamente y los almacena en su dispositivo para su posterior uso.

Cualquier dispositivo digital que hoy trabaje con colores, opera numéricamente. Mediante una representación matemática en la que los colores

están definidos de forma abstracta basándose en un sistema de coordenadas, con base de N vectores, cuya combinación lineal genera todo un espacio de color que trata de englobar el mayor número de colores visibles al ojo humano (en torno a 10 millones de colores). La resolución trata de asemejarse a la visión humana (real) e, incluso, hoy en día intensificando su saturación, brillo y contraste, gracias a la disminución del tamaño del pixel con miles de millones de estímulos cromáticos (como es el caso de la tecnología Oled).

Los modelos estandarizados de apariencia de color con valores matemáticos triestímulo se han desarrollado liderados por la Comisión Internacional de Iluminación (CIE), a lo largo del siglo XX (y muy especialmente desde 1976). Estos modelos poseen numerosos antecedentes que se remontan hasta finales del siglo XVI y que fueron realizados desde diferentes disciplinas tales como el arte, la física, la química o la ingeniería, Hoy en día, entre los más conocidos se encuentran: sRGB, CIELAB, HLS y Hexadecimal; y, son los que están incluidos en el software de los dispositivos electrónicos (cámaras, escáneres, impresoras, pantallas, smartphones, tablets o ipads) (Fairchild, 2013; Kuenhi, 2008; O'Connor, Z. 2021). Profesionalmente, también se emplean estos modelos para la determinación de un valor concreto adaptados específicamente a la función requerida bien adscritos a cartas cromáticas estándares e inventarios cromatológicos de empresas especializadas (Pantone, NCS, RAL, CMYK, ...) (Kuenhi, 2013); o bien, con dispositivos electrónicos para superficies reflejadas (colorímetros o espectrofotómetros) o fuentes de luz (espectro radiómetros). Estas herramientas profesionales, al igual que las APPs, tienen su conversión a los modos de color estandarizados e independientes de dispositivo, fundamentalmente CIELAB.

Ante esta tecnología, conociendo la inconsistencia de la apariencia de color y, por tanto, la dificultad en obtener valores de referencia, el análisis de la información que facilitan se presenta como un interesante caso de estudio. Aunque partamos de la premisa de que probablemente su fiabilidad pueda ser escasa, estudiando una misma muestra, ¿serán iguales los resultados obtenidos con

diferentes APPs pero con el mismo tomador y el mismo dispositivo? Y, si hacemos la misma operación con diferentes dispositivos, ¿cómo de similares o diferentes son los resultados? ¿Y en comparación con los aparatos de medida?

Desde el punto de vista de la práctica artística, su utilización ofrece sustanciosas ventajas: 1) la instantaneidad, 2) la obtención de un valor concreto automática y simultáneamente en variedad de sistemas cromáticos; 3) el ajuste y modificación de éste; 4) la relación con gamas cromáticas digitales más extensas que las que ofrecían los catálogos impresos; y, 5) el envío a cualquier persona u empresa. Además, enriquecen la sensibilidad cromática en general y, con ello, contribuyen a aumentar el sentido estético de la realidad. Desde la sostenibilidad también hay ventajas evidentes: 6) el ahorro de material al obviar las muestras con materia o cartas de color impresas.

2. Caso de estudio

Con el objetivo de valorar la fiabilidad de estas herramientas para su uso como recurso creativo, se ha efectuado un análisis empírico sobre el comportamiento de las APPs de color en diferentes *smartphones* a nivel de usuario. Para ello se ha partido de una misma muestra de color de superficie y se ha realizado una amplia toma de datos (cuantitativa) obtenidos por diferentes APPs, diferentes aparatos y diferentes usuarios que han participado en el estudio. Posteriormente, se ha comparado con los valores obtenidos por medio de aparatos profesionales.

No se han tenido en cuenta los elementos mecánicos y electrónicos de los dispositivos: el hardware: la cámara y la pantalla, así como el software, que se ocupa de procesar los datos recogidos porque el usuario medio de este tipo de APPs no tiene en cuenta la importancia de los condicionantes que tienen los instrumentos que emplea a la hora de obtener una muestra de color.

El estudio se ha diseñado en tres fases claramente diferenciadas: 1) La obtención individual de cada participante de la información del color de dos muestras idénticas por medio de las *APPs* instaladas en su *smartphone* con; 2) la comparación en su conjunto de todos los datos proporcionados por todos los tomadores; y, 3) la comparación de esos datos obtenidos con cartas de color, colorímetro y espectrofotómetro.

Los materiales y medios empleados en cada fase han sido:

- (1) para la obtención de la información de color: 2 colores de superficie del mismo pliego de cartulina uniforme, 4 *APPs* instaladas en 182 dispositivos y realizadas con 182 tomadores con los que se han obtenido 1395 datos numéricos de las dos muestras de color;
- (2) para la anotación y grabación de datos: tablas de Excel;
- (3) y, para la obtención de los datos con los aparatos profesionales empleados para la reproducción del color en objetos reflectantes:
 - las cartas de color: The Munsell Color Book (glossy), NCS, Pantone color Formula y RAL E2 Effect;
 - el colorímetro Dr. Lange Luci 100 del Laboratorio de Materiales de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial de la Universidad Politécnica de Madrid (agradecimiento al Prof. Francisco Fernández).
 - y, el espectrofotómetro Konica Minolta CM 2600d del Laboratorio de Materiales de la Facultad de Bellas Artes de la Universidad Complutense con el software CM-S100w 1.91.0002 SpectraMagic (características técnicas: rango de 400nm-700nm y un intervalo de 10nm, iluminante D65 y observador estándar de 10°, geometría óptica mediante sistema de esfera integradora de luz difusa d/8, diámetro de área de medida de 3 mm, componente especular excluido (SCE), y espacio CIELAB) (agradecimiento a la Profa. Ruth Chércoles).

En la conversión de los valores RGB de los medios profesionales se ha empleado el valor aportado por los responsables de cada sistema Del sistema Munsell: Mark Fairchild del Munsell Color Science Laboratory, NCTS, Pantone y RAL el determinado por las tres marcas.

2.1. Preparación del estudio

La búsqueda de estudios previos sobre *APPs* de color y relatividad cromática en el

ámbito del Arte no aportó referencias significativas. Los autores, miembros del equipo de investigación de la Universidad Complutense *Investigación cromática: aspectos técnicos, formales y de significado en la expresión del color a través del arte*, habían efectuado un trabajo de campo previo para la actividad *La versatilidad y sostenibilidad de las APPs para detectar, informar y ofrecer soluciones para cualquier creativo* (que tuvo lugar dentro de la XX Semana de la Ciencia en noviembre de 2020 de la Fundación para el Conocimiento de la Comunidad de Madrid) determinando qué usos y utilidades existían en las APPs de color. Estas fueron clasificadas en tres grandes tipologías de APPs cromáticas: Las de captura y selección de color, las de entretenimiento y las de test de percepción.

- (1) Las aplicaciones de captura y selección de color permiten seleccionar tonalidades de una imagen, de una muestra o de un material mediante sencillas acciones. Una vez determinada una o varias tonalidades concretas, sugiere posibles paletas predeterminadas, permite escoger combinaciones personalizadas y asociarlos con combinaciones de paletas armónicas (monocromáticas, complementarias, análogas, triadas, cuatriadas, gradientes, etc.). Los valores reseñados según distintos sistemas de clasificación de color (RGB, HTML, HSV, RAL, NCS, CMYK, Pantone, etc) son extrapolables a las medidas empleadas en las diferentes disciplinas de arte visual. Además, también permiten efectuar cualquier variación en cualquier momento. Una vez obtenidos los datos de las muestras, éstas se pueden guardar, compartir o enviar para un uso concreto entre personas, grupos, clientes y profesionales involucrados en las industrias creativas y relacionar con imágenes y proyectos concretos. Entre ellas, señalar: 1) como captura de color: *Color grab*, *Color picker*, *Color code*, *Paleta y Palette pantone*, *Color palette*, *Color converter*, *Material design color*, *Colorzilla*, etc.; 2) como muestras de sistemas de color, guía de colores y repertorio de armonías básicas: *Pantone color book*; *Color tool*; *Combinación de colores*; *Colores en armonía*, *Color harmonizer* o *Color guide*. Hay campos específicos tales como el diseño de interiores o la cosmética que relacionan sus productos comerciales con el valor captado.
- (2) Las aplicaciones para entretenimiento ofrecen juegos de ordenación de color que ayudan a adquirir agudeza visual: mejoran la discriminación y sensibilidad cromática, tales como *Blendoku*, *I love Hue* o *Crazy infinite color wheel*. También hay un considerable volumen de estas aplicaciones que están enfocadas a ayudar a: a) combatir el estrés, como *Pixel art*; b) comprar tonos concretos de pintura para modelismo en distintas marcas como *Hobby color converter* o c) retocar imágenes como *PicsArt color*.

Este último apartado, se relaciona con las *APPs* de retoques de imágenes, un amplio grupo centrado en la fotografía digital en la que el color también es una herramienta más.

- (3) Las aplicaciones de test de percepción estudian los diferentes tipos de visión, desde un tricrómatas, aquel cuyo órgano visual funciona correctamente, hasta un daltónico o un ciego al color; entre ellas señalar *Color blindness test* y *Ishihara test* o *CV simulator* que sobre una imagen aplica distintas visiones: tricromáticos, daltónicos, acromáticos o los problemas de pixel en la pantalla o en la contemplación de la muestra. Hay otras variantes que modifican la fuente de luz en la herramienta linterna del móvil tal como *Screen test pro*.

Tras este estudio prospectivo, se seleccionaron las cuatro aplicaciones más sencillas y gratuitas y con más descargas para Android y iPhone de Google play store y Apple store respectivamente: 1) para Android: *Color Grab*, *Color Metter Free*, *Color Picker* y *Palette*; y, similares, 2) para iPhone: *What a Color*, *Color inspiration tool*, *Color Assist Lite* y *Palette CAM*. Todas operan con todos los colores posibles en el espacio de color estándar que es el sRGB o hexadecimal y, esos valores se relacionan con un número reducido de denominaciones cromáticas y de especificaciones de muestrarios de color comerciales, normalmente comprendiendo una horquilla de 300 a 1300 tonos. Además, incluyen otras prestaciones tales como escoger combinaciones personalizadas, paletas armónicas, etc. que con los valores reseñados según distintos sistemas de clasificación de color son extrapolables a las medidas empleadas en las diferentes disciplinas de arte visual.

Las especificaciones de cada una son las siguientes:

- (1) *Color Grab*. Diseñada por Loomatix, identifica el nombre de 1300 colores y los ofrece en valores en distintos sistemas RGB y HSV, además de CMYK, RAL, HTML... además de indicar una denominación de color concreta (Dark Orange, Tenne, etc.) una vez tomada la muestra de color.
- (2) *Color Meter free*. Diseñada por Vistech Projects (la versión PRO de pago, como casi todas, es más completa, en éste caso permite realizar un balance de blanco). *Color Meter Free* realiza directamente capturas de color con la cámara y en la misma pantalla te identifica su valor en RGB y HTML.

- (3) *Color Picker*. Diseñada por la Ratonera Inc, denominación más de 200 colores que, si tenemos en cuenta las variaciones de luminosidad, trabaja con unos 900. Captura el color indicando el nombre y su valor HTML. Permite también RAL, Material Design y Japonés. Se pueden guardar sus características y te da todos los datos en el resto de los sistemas más importantes: RGB, CMY, CMYK, HSL, HSV, CIE LAB, CIE ZYX y tiene también un repertorio de colores.
- (4) *Color Palette*. Diseñada por Offbeat. Las capturas de color se pueden realizar tanto con la cámara o desde una imagen archivada y denomina 300 tonos. También se pueden guardar los que interesen en la colección y, desde ahí, ver sus valores y modificarlos o seleccionar paletas y combinar degradaciones y consultar las gamas que ofrece por temas y materiales.
- (5) *What a Color*. Diseñada por Oleg Brailean. Extrae los colores de fotografías, los denomina con el tono y una o dos palabras descriptivas, y les atribuye valor a los modelos de color más comunes: RGB, CMYK, HEX, HSV y LAB.
- (6) *Color inspiration tool*. Diseñada por Pavlo Liashenko para iPhone y iPad en modalidad básica (gratuita) y Pro (de pago). En sus prestaciones se indica que tiene un registro de más de 10.000 colores, que detecta los colores en tiempo real.
- (7) *Color Assist Lite*. Diseñada por FTLapps (también con versión básica y de pago). Capta los valores RGB en tiempo real y los convierte en el nombre de color más cercano de un diccionario de unos 900 colores. También ofrece los valores en RYB, HSL y CMYK códigos HTML, nombre del color HTML más cercano y simple nombre de color.
- (8) *Palette CAM*. Diseñada por Alexander Mathers. En la misma línea que las anteriores, de forma muy sencilla, permite emplear imágenes captadas por la cámara o fotografías archivadas para seleccionar colores determinados de la imagen visualizada en la pantalla, registra sus valores RGB y HEX, y crea paletas de color de los tonos seleccionados.

Como todas las aplicaciones podían aportar el valor en RGB, que es el que el usuario medio entiende más fácilmente, se estimó que lo más adecuado era obtener los datos mediante esta medida.

2.2. Participantes

Gracias al Proyecto de Innovación “Síntesis Cromáticas. Experiencias perceptivas en el arte contemporáneo y aplicaciones prácticas para la jerarquización y selección visual” (Convocatoria 2020/21) del Vicerrectorado de Innovación y Calidad de la Universidad Complutense de Madrid y la colaboración de estudiantes y Profesores de la asignatura Fundamentos de Pintura del Grado en Bellas Artes de

la Universidad Complutense de Madrid, en particular a los profesores Juan José García y Paloma Gámez, se realizó la toma de datos con siete grupos de la asignatura Fundamentos de Pintura del primer curso del Grado en Bellas Artes de la Universidad Complutense de Madrid, en la que se estudia el color, con el objetivo de realizar y de ofrecer una actividad docente de carácter práctico dentro de ésta asignatura basada en el uso de las APPs de color. La inclusión dentro de las actividades curriculares también permitía una participación comprometida en el estudio. Finalmente participaron 182 personas que desconocían las APPs de captura de color propuestas y se interesaron en su uso.

Los datos generales del grupo -aunque no determinantes para la prueba-, a título informativo, son los siguientes: 1) edad comprendida entre 18 y 20 años, si bien había algunos individuos más mayores; 2) Tipo de visión: todos declararon ser tricrómatas; 3) Disposición de un teléfono móvil *smartphone* y conocimiento y manejo del dispositivo a nivel de usuario.

2.3. Fases del estudio

2.3.1. Toma de datos individuales

A todos los participantes se les explicó los pasos a seguir, por medio de presentaciones y vídeos, así como demostraciones presenciales, cómo emplear las 4 APPs de captura de color del estudio. Una vez listas las APPs, se les distribuyeron dos muestras de 4 cm o más del mismo pliego de cartulina opaca y mate de la marca Canson serie Iris. Estos dos tonos de una superficie, esto es que reflejan la luz incidente, son muestras concretas y muy diferenciadas entre sí: 1) el color rojo, el tono con mayor sensación cromática; y 2) el gris plomo, por el contrario, muy acromático (Fig.1).

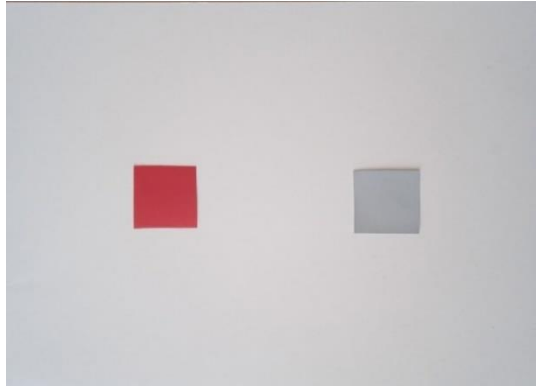


Fig.1 Muestras de las dos cartulinas de color (fotografía de los autores).
La gran mayoría de los estudiantes lo realizó en Android con las APPs asociadas a este sistema.

Con el objeto de que las condiciones de iluminación y captura fueran relativamente sencillas y similares, las tomas se realizaron en el aula de la asignatura con la luz natural de grandes ventanales con orientación norte e iluminación homogénea; y sobre las mesas de clase que tienen una superficie blanca solicitando a los tomadores que acercasen su dispositivo de tal manera que todos los puntos de medición fueran de la muestra (Fig.2).



Fig.2 Captura de color con APP Color Grab sobre muestra gris (fotografía de los autores).

2.3.2. Toma de datos conjuntos

En una hoja de cálculo de Google Drive, cada alumno transcribió los valores RGB en una misma casilla a la que también se le aplicaba la apariencia de ese valor (la casilla de relleno se debía anotar en código hexadecimal) recogiendo la afirmación de Billmeyer “nadie acepta o rechaza el color debido a los números. Es la forma en que se ve lo que cuenta” (Berns, 2019: 51). Todo ello bajo supervisión del docente responsable de cada grupo (Fig. 3).

Tomadores de la muestra		Color Grab	C. Meter Free	Color Picker	Palette	Color Grab	C. Meter Free	Color Picker	Palette
3									
4		147, 95, 35	178,30,44	167,30,34	184,24,40	155,145,134	148,135,127	164,144,133	168,188,160
5		201,72,66	200,70,80	183,71,79	175,27,67	168,166,167	155,158,165	171,174,177	160,160,160
6		170, 95, 95	171, 33, 48	192, 28, 41	208, 24, 40	203, 200, 196	155, 156, 160	164, 163, 161	152, 152, 152
7		352, 81, 75	192, 64, 69	207, 71, 84	256, 70, 73	134, 123, 112	167, 152, 147	173, 159, 157	166, 156, 140
8		148,40,45	137,42,38	151,43,47	144,32,40	144,140,145	134,130,133	145,150,146	144,144,144
9		253,83,86	192,43,72	222,40,73	208,64,96	149,162,197	137,160,182	192,207,216	144,144,136
10		226,68,78	221,73,86	202,64,77	222,70,80	170,165,157	155,162,145	157,153,146	184,184,184
11		191,22,68	179,31,85	178,43,87	192,32,72	182,176,176	196,154,159	87,146,157	156,160,153
12		251, 95, 88	256, 77, 79	231, 72, 83	193, 26, 59	203, 207, 205	152, 163, 155	191, 194, 191	156, 155, 158
13		232, 60, 47	196, 37, 17	198, 53, 47	298, 64, 72	177, 192, 200	170, 171, 173	177, 183, 183	152, 144, 144
14		232,109,113	191,56,37	206,194,107	235,94,119	177,163,158	177,164,158	173,159,155	208,208,221
15		107, 56, 32	193, 26, 19	235, 20, 57	224, 72, 48	185, 148, 175	125, 167, 190	116, 146, 154	126, 144, 152
16		255,88,68	193,65,19	258,95,69	254,65,24	186,187,175	181,156,136	178,179,168	188,173,152
17		169,38,70	197,48,126	160,12,53	191,45,88	135,151,231	88,152,220	117,166,210	112,170,221
18		232,64,66	237,69,72	219,35,46	238,64,73	200,201,196	220,223,224	189,193,190	215,217,214
19		151,0,18	133,15,26	110,10,22	136,0,11	106,113,113	156,164,167	96,107,111	111,123,126
20		191,66,37	191,26,19	183,44,33	211,71,55	193,198,198	197,199,198	200,205,203	206,208,207
21		196, 24,52	212, 49, 75	211, 47, 77	217, 53, 84	146, 150, 159	141, 144, 151	144, 145, 153	137, 144, 145
22		211,43,66	229,55,88	235,31,61	235,60,70	185,186,188	172,170,172	178,184,180	189,195,191
23		234,81,99	191, 69, 110	206, 81, 87	174, 61, 68	186, 179, 173	180, 181, 176	145, 147, 143	159, 160, 158
24		208, 54,74	229, 72, 77	255, 106, 140	127, 24, 30	136, 130, 137	216, 212, 203	109, 124, 147	100, 126, 155
25		255,86,76	234,86,87	244,107,91	231,84,83	237,231,217	223,217,206	227,223,209	205,205,221
26		226, 87, 88		215, 71, 78	226, 92, 93	146, 163, 168	89, 97, 96	50, 96, 99	102, 130, 147
27		208, 40,54	211, 40,59	204, 51, 65	195, 48, 60	186, 154, 148	184, 180, 177	164, 161, 155	181, 180, 176
28		199, 68, 74	215, 74, 62	133, 23, 21	165, 35, 21	188, 188, 189	200, 198, 197	188, 96, 79	141, 135, 115
29		167, 63, 67	251, 85, 67	188, 43, 55	188, 55, 60	179, 183, 187	117, 120, 114	171, 177, 152	179, 67, 190
30		218,73,56	223, 75, 69	253, 102, 91	232, 92, 89	185, 187, 179	165, 155, 145	183, 180, 179	169, 170, 173
31		215, 95, 34	188, 34, 37	205, 19, 40	225, 27, 35	181,186, 188	143, 147, 146	160, 157,165	137, 140, 139
32		157, 64, 64	152,85,169	215,75,76	157,64,68	172,178,156	169, 181, 176	178, 184, 156	165, 172, 182
33		189, 62,91	222, 89, 84	202, 52, 71	197, 46, 61	183, 197, 200	174,189,192	194,203,167	186,191,201
34		249, 133, 137	231, 107, 118	251, 126, 128	250, 101, 138	235, 235, 189	200, 197, 188	196, 197, 189	183, 184, 175

Fig.3 Base de datos de recogidas de muestras de uno de los grupos en las cuatro aplicaciones (fotografía de los autores).

En el caso de la muestra roja, para el estudio se contabilizaron 699 muestras (Fig.4) y en la de gris 684 (Fig.5). Si bien con 182 tomadores se podían obtener hasta 728 valores para cada cartulina se descartaron algunos datos por las siguientes causas: 1) tomadores que no descargaron una de las APPs y realizaron una toma menos de cada color; 2) errores puntuales de transcripción a la tabla que presentaban valores fuera de la nomenclatura del sistema empleado, el RGB (por encima de 256 o negativos); 3) algunos valores de captura fueron erróneos, pues el dato obtenido estaba totalmente opuesto a la zona de color (en el caso del rojo

complementarios azules y en el del gris tonos totalmente saturados) y 4) datos duplicados porque algunos alumnos realizaron la actividad conjuntamente.

Fig.4 Total de muestras rojas (fotografía de los autores).

Fig.5 Total de muestras grises (fotografía de los autores).

2.3.3. Toma de datos de cartas de color, espectrofotómetro y colorímetro

Una vez revisados los datos recogidos con los smartphones, se procedió a obtener los valores numéricos de los aparatos de precisión para colores de superficie.

Primeramente, se solicitó al fabricante de la cartulina, la empresa Canson, los valores RGB de su producto. La representante de la empresa nos indicó que era

información confidencial que no podían facilitar.

En segundo lugar, se procedió a obtener el valor con las herramientas profesionales:

(1) Con las cartas de color se obtuvieron:

- Los valores Munsell de rojo, la muestra más cercana es la 5R 4/12 en cambio el gris hay varios tonos que se aproximan 2.5 PB 7/2, 5 PB 7/2 y 10B 7/2.
- Los valores NCS, la cartulina roja se aproxima a los tonos: S 2060-Y90R, S 2060-R, S 1085-Y90R y S 1080-R y la gris S 2005-B20G
- Los valores Pantone la cartulina roja tiene las muestras más próximas con recubrimiento 186 C y 193 C; y, sin recubrimiento 186 U y 1797 U y la cartulina gris 428 C.
- Los valores RAL, para la cartulina roja 440-3 y para la gris 820-1 (Fig.6).



Fig.6 Comparativa de cartas de color (fotografía de los autores).

En la comparación de la cartulina original con las cartas de color fue difícil hallar una muestra que visualmente coincidiese exactamente con cada cartulina pues al ser atlas discontinuos no siempre es fácil encontrar un tono parecido (Capilla, 2002: 97). Además, el tipo de material varía la claridad y la fuerza de color pudiéndose apreciar diferencias con las muestras. Por ejemplo, en el caso de

los Munsell, como tiene más tonalidades quebradas en el continuum de desaturación (hacia el eje acromático) se encuentran más tonalidades grises. Y, en el caso de Pantone es al contrario, como su carta ofrece más tonalidades saturadas, se encuentran más rojos.

- (2) 2. Lab y RGB con un espectrofotómetro
- (3) 3. Lab y RGB con un colorímetro (Fig.7).

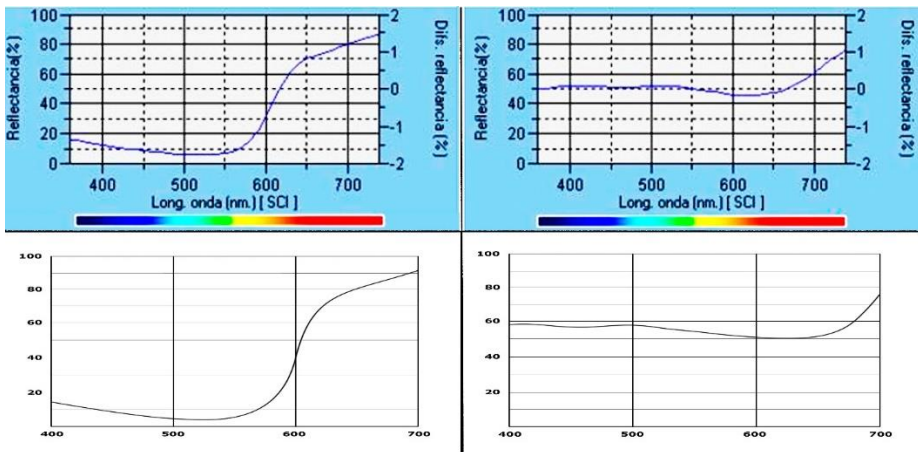


Fig.7 Curvas espectrales de las dos cartulinas (roja a la izquierda y gris a la derecha) con espectrofotómetro (arriba) y colorímetro (abajo) (fotografía de los autores).

3. Resultados

3.1. Análisis de los datos obtenidos con el mismo tomador

En todos los tomadores se aprecia que los datos y la apariencia de color asociada de las cuatro capturas efectuadas por el mismo dispositivo obtuvieron resultados diferentes. Observando estos datos obtenidos en conjunto y comparándolos con los de otros tomadores, se podían detectar comportamientos parecidos para los valores R, G y B para un mismo tomador. A valor más alto para R, también suele serlo para G y B; y, viceversa, detectando que la configuración del *smartphone* es determinante en la claridad u oscuridad con que adjudica los valores RGB (Fig. 8).

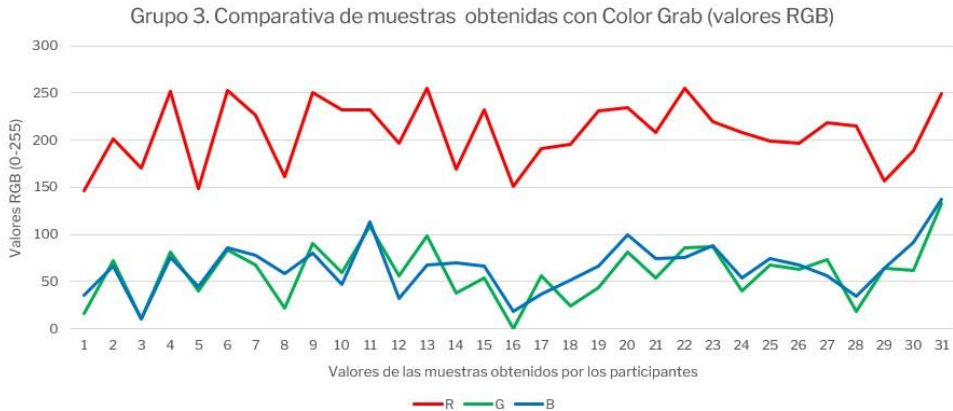


Fig.8 Tabla comparativa de un grupo de los valores RGB obtenidos con Color Grab RGB con la muestra roja (fotografía de los autores).

También hay que subrayar que existen diferencias significativas en casos concretos entre aplicaciones y algunas de ellas, como puede verse en la ilustración, obtienen para un valor determinado registros muy distintos. Es posible que la transcripción directa del valor obtenido por el software de la cámara varíe el número de píxeles implicados también y ello genere diferentes resultados para un mismo registro.

3.2. Análisis de los datos obtenidos por todos los tomadores

Analizándolas en conjunto: a) En las muestras de rojo se pudo apreciar que los colores, siendo análogos, son muy variados. Tan sólo se repiten una sola vez 30 (4,29%), con lo cual se obtienen 95,71% de datos del color Rojo únicos. b) En el caso del gris se encontraron 66 coincidencias (9,65%); por tanto, 90,45 % de datos para el color gris únicos. Como el color es acromático, su fluctuación es parecida en las tres dimensiones: tono, valor y croma. En las variaciones de tono se aprecia que los que tienen una tendencia general más clara y acromática, su tono parece algo más rojizo y, si tienen algo más de croma, esas tonalidades grises se aprecian

algo más azuladas.

Para poder apreciar las variaciones de tono, en ambas muestras los datos han sido ordenados por su valor dominante, R:

En el caso del rojo (Fig. 9), desde 72 a 255 en vertical y el valor G (0 a 147) en horizontal si bien en este no se han mantenido las distancias, sino que se han reagrupado y el valor B (0 a 116). Si contemplamos todas las combinaciones de estos valores tendríamos potencialmente 3.120.516 colores. Entre los valores se registra un continuum de datos en los intervalos en R=143 hasta R=255; G= 15 hasta G= 50 y B=35 a B=70. No se detecta ninguna zona predominante. Hay algunas áreas en las que se concentran más valores que en otras. Lógicamente, a mayor luminosidad y saturación, los valores G y B son más altos.



Fig.9 Apariencia de la cartulina roja según los valores RGB obtenidos, ordenados por R de arriba abajo y G de izquierda a derecha (fotografía de los autores).

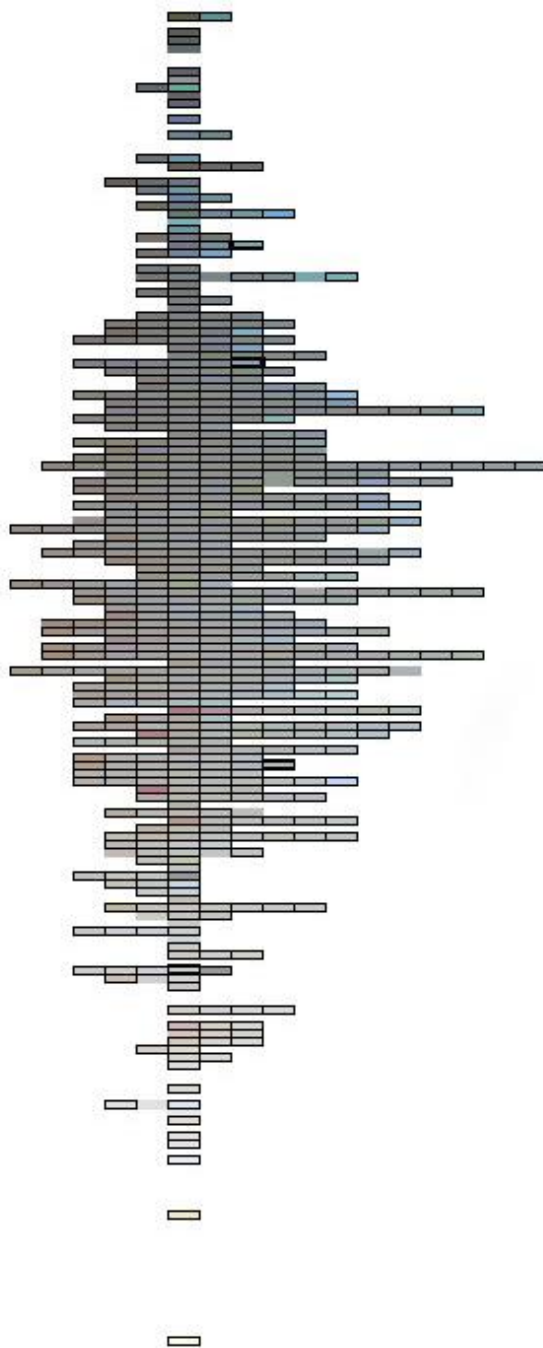


Fig.10 Apariencia de la cartulina gris según los valores RGB obtenidos, ordenados por R de arriba abajo y G de izquierda a derecha (fotografía de los autores).

En el caso del gris (Fig. 10), los valores R, en vertical, oscilan entre 8 y 255. El valor G, en horizontal, abarca desde 96 hasta 255 y por último el B con valores comprendidos entre 60 y 253. Potencialmente podríamos obtener un total de 5.155.416 colores y resulta muy complejo establecer también una zona dominante.

3.3. Análisis de los datos obtenidos con cartas de color, espectrofotómetro y colorímetro.

En los datos obtenidos por las cartas de color, el Colorímetro y el Espectrofotómetro, también se aprecian diferencias de valor y apariencia de color. Al igual que ha sucedido con los obtenidos con las APPs, también varían (Fig. 11).

Cartulina Roja							Cartulina Gris									
Cartas color	L	a	b	R	g	b	Apariencia	Cartas color	L	a	b	R	g	b	Apariencia	
Munsell 5R 4/12				178	46	71	Apariencia	Munsell 2.5 PB 7/2				169	173	193	Apariencia	
								Munsell 5 PB 7/2				172	172	193		
								Munsell 10B 7/2				177	171	193		
Pantone 186 C				200	16	46			Pantone 428 C				193	198	200	
Pantone 193 C				191	13	62			Pantone 442 C				162	172	171	
Pantone 186 U				211	81	94										
Pantone 1797 U				203	73	83										
NCS S 2060-Y90R				196	78	75			NCS S 2005-B20G				184	196	197	
NCS S 2060-R				191	82	81										
NCS S 1085-Y90R				205	20	37										
NCS S 1080-R				196	10	52										
RAL 440-3				186	60	62		RAL 820-1				197	200	202		
Espectrofotómetro	46.47	48.24	18.88	188	70	81		Espectrofotómetro	75.77	-15.15	-1.98	153	195	190		
Colorímetro	49.95	52.37	26.4	205	73	77		Colorímetro	78.81	-2.89	-2.72	187	197	200		

Fig.11 Valores y apariencia de las cartas de color, el espectrofotómetro y el colorímetro) (fotografía de los autores).

En el caso del rojo, lógicamente el valor R es significativamente mayor que el G y el B, notándose algo más de saturación. Si la luminosidad es alta, los valores son más acromáticos y si es baja hay una tendencia mínima a azularse teniendo tonos oscuros con valores de rojo y azul mayores. La apariencia oscila entre un sólo color más intenso que la cartulina original con la que se han realizado todas las comparaciones (NCS S 1085-Y90R), dos equiparables (Pantone 186 C y NCS S 1080-R) y nueve más grisáceas -el resto-, es decir menos intensas y con alguna desviación hacia marrones y morados. Los valores obtenidos mediante espectrofotómetro y colorímetro están en este grupo de tonalidades menos intensas.

La apariencia en el caso del gris es prácticamente igual para las muestras equiparadas con Munsell, los valores del espectrofotómetro evidencian una dominante azulada verdosa. Esta dominante ya se había observado en una comprobación visual directa pero que no había sido posible encontrar esa sensación con alguna de las muestras de las cartas de color. Por el contrario, en el caso del colorímetro los datos son muy equilibrados entre los valores R, G y B.

Si bien las curvas espectrales obtenidas por ambos aparatos pueden parecer semejantes no lo es su apariencia de color pues presentan diferencias entre ellos al igual que se produce en los datos aportados por los *smartphones*. Esta afirmación se corrobora con el dato de tolerancia (Delta E para artes gráficas con CIE 94) según la comparativa del MIT (<http://colormine.org/>), que se obtiene con los valores de la cartulina roja que nos ofrecen el espectrofotómetro y el colorímetro que es 5 y para la cartulina gris 8,4 (teniendo en cuenta que un valor superior a 2 es muy perceptible y que para que sea imperceptible al ojo humano debe ser menor o igual que 0,5).

4. Conclusiones

Recogiendo los datos obtenidos, se deduce que: 1) Las dominantes de claridad, tonalidad y saturación en los datos obtenidos por un mismo tomador permiten apreciar que las características de la cámara de cada *smartphone* son decisivas. 2) Comparando el conjunto de los valores numéricos concretos obtenidos con las capturas, 95,71% de datos del color Rojo son únicos pues no coinciden los valores para RGB entre las tomas. En el caso del gris, es un 90,45 %. También esta no coincidencia de valores numéricos se aprecia visualmente en los colores que aparecen en la pantalla, y 3) No obteniendo datos iguales o similares, tampoco entre los valores ofrecidos por los aparatos específicos de medición, se evidencia que no se pueden equiparar las medidas entre diferentes aparatos de medición. Por tanto, la captura de los datos con una misma muestra con las *APPs* de color a través de *smartphones* produce muestras completamente diferentes tanto en valor numérico como en apariencia.

De este estudio se deduce, como era de suponer, que los valores obtenidos mediante *APPs* de color no constituyen ninguna certeza en la captación del color. Se entiende que está condicionado, además de por las características técnicas del aparato, en cuanto al hardware y software, y por todos los factores que intervienen en la escena, esto es el contexto: Las diferencias en la iluminación natural de las muestras (aunque sean leves), en el ángulo y distancia con respecto a la muestra en que se realiza cada toma o medición con el *smartphone* (aunque también sean diferencias leves) (González Cuasante, 2005; Livingstone, 2002), en el hecho de que la cámara incluya solamente la muestra en su totalidad o también parte del fondo, así como las características técnicas distintas de cada dispositivo (marca, resolución, calidad de la cámara, estado de conservación y limpieza de la lente, calibración, etc.), hacen que sea esperable una importante dispersión en los parámetros de color medidos. A ello se agrega que la medición en sistemas como el RGB es enteramente dependiente del dispositivo (del gamut RGB que maneja el propio *smartphone*), a diferencia del espacio CIELAB que es independiente de dispositivo.

Si sabemos que la apariencia cromática cambia por todo (condiciones de captación y determinación, así como de observación, características del soporte, temperatura, prestaciones del dispositivo, algoritmos...) las *APPs* de color no pueden considerarse una herramienta fiable para la captación del color. La relatividad cromática se produce al igual que en la percepción visual directa. El usuario medio debe tener presente que, al igual que sucede con su propio proceso perceptivo, con las *APPs* de captación de color no obtiene ninguna certeza.

Pese a estas conclusiones, estas aplicaciones son útiles para las fases iniciales de proyectos artísticos. Los creativos capturan instantáneamente información cromática que queda registrada en su dispositivo, la modifican, asocian a gamas y armonías cromáticas concretas y las relacionan con guías de colores estandarizadas. Una vez dominado el manejo de estas *APPs* de captura de color, los 182 participantes en este estudio mostraron su interés en emplearlo como recurso creativo al entender que les permiten avanzar en la elaboración de

sus proyectos inspirándoles y dinamizando su ejecución, así como extendiendo su apreciación cromática.

Tras este primer caso de estudio centrado en la experiencia del usuario medio y de la utilidad en los procesos creativos. Se está desarrollando un segundo estudio sobre los modelos de *smartphone* en el que se ha acotado el análisis determinando las condiciones de la escena (iluminación controlada, distancia fija e idéntico campo de color) del que se espera publicar los resultados próximamente.

Referencias

- Aoki, N. et al. (2007). Advanced ips technology for mobile applications. *Journal of the Society for Information Display*, 15(1), 23-29.
<https://doi.org/10.1889/1.2451548>
- Berns, R. et al. (2019). *Billmeyer and saltzman's principles of color technology* (Fourth). John Wiley & Sons.
- Capilla Perea, P. (2019). *Percepción visual: psicofísica, mecanismos y modelos*. Editorial Panamericana.
- Capilla Perea, P., et al. (2002). *Fundamentos de colorimetría* (Ser. Educació / universitat de valència. materials, 55). Universitat de València.
- Fairchild, M. D. (2013). *Color appearance models* (3rd ed.). Wiley. Retrieved 2023, from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/universidadcomplutense-ebooks/detail.action?docID=1211852>.
- García Nieto, J. (2019, 29 de mayo) *Google explica cómo funciona el algoritmo detrás del zoom de alta resolución de los Google Pixel*. Recuperado el 11 de abril de 2023 de <https://www.xatakandroid.com/moviles-android/google-explica-como-funciona-algoritmo-detras-zoom-alta-resolucion-google-pixel>.
- González Cuasante José María et al. (2005). *Introducción al color* (Ser. Bellas artes, 1). Akal Ediciones.

- González Cuasante, J. M^a & Alonso Muñoz, F. (2013). Notas para evaluar el efecto del contraste sucesivo en las posimágenes cromáticas. *X Congreso Nacional del Color*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Kim, K.J. et al. (2012). IPS vs. AMOLED: Effects of Panel Type on Smartphone Users' Viewing and Reading Experience. In: Park, J., et al. (eds) *Human Centric Technology and Service in Smart Space. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 182. Springer, Dordrecht.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-5086-9_11
- Kim, K.J., et al. (2022). "VR Color Picker: Three-Dimensional Color Selection Interfaces," in *IEEE Access*, vol. 10, pp. 65809-65824,
<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2022.3184330>
- Kuehni, R. G. (2013). *Color, an Introduction to Practice and Principle* (Third). John Wiley & Sons, Inc.
- Kuehni, R. G., et al. (2008). *Color ordered: a survey of color order systems from antiquity to the present*. Oxford University Press.
- Livingstone, M. et al. (2002). *Vision and art: the biology of seeing*. Harry N. Abrams.
- O'Connor, Z. (2021). Traditional colour theory: a review. *Color Research & Application*, 46(4), 838-847. <https://doi.org/10.1002/col.22609>
- Weeks, A. R. (1996). Fundamentals of electronic image processing (Ser. Spie/ieee series on imaging science & engineering). *SPIE Optical Engineering Press*.
<https://doi.org/10.1117/3.227778>