



Registro de obra textil con escáner de luz estructurada Go!SCAN 20. Museo Nacional de Antropología.

Imagen: ©CNCPC-INAH.

A TODO COLOR

Gabriela Mora Navarro*

*Coordinación Nacional de Conservación del Patrimonio Cultural
Instituto Nacional de Antropología e Historia

¿Qué es el color?

Es una pregunta que se ha formulado la humanidad desde la antigüedad y para la que seguimos encontrando respuestas desde diferentes campos del conocimiento.

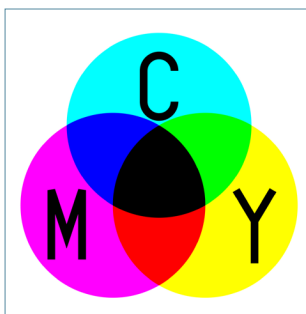
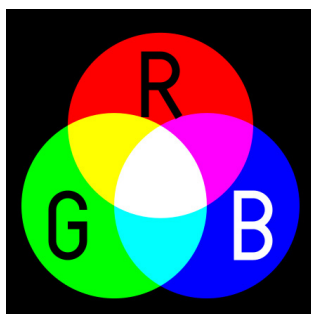
La luz y el color son inherentes a la naturaleza y la experiencia humana. Hoy sabemos que el color es efecto de la interacción de la luz con los objetos. En algunos casos el objeto genera la luz y los colores se perciben de acuerdo con la forma en que se combinan las diferentes longitudes de onda, a esto se le llama sistema de color aditivo.

En otros casos el objeto absorbe una parte del espectro electromagnético y refleja otra que percibimos como su color, a esto se le denomina sistema sustractivo.

Pero en algunos casos más el color no es producto de una emisión de luz del propio objeto ni de la interacción de una superficie pigmentada con la luz, sino de la estructura del objeto mismo, lo que se conoce como color estructural.

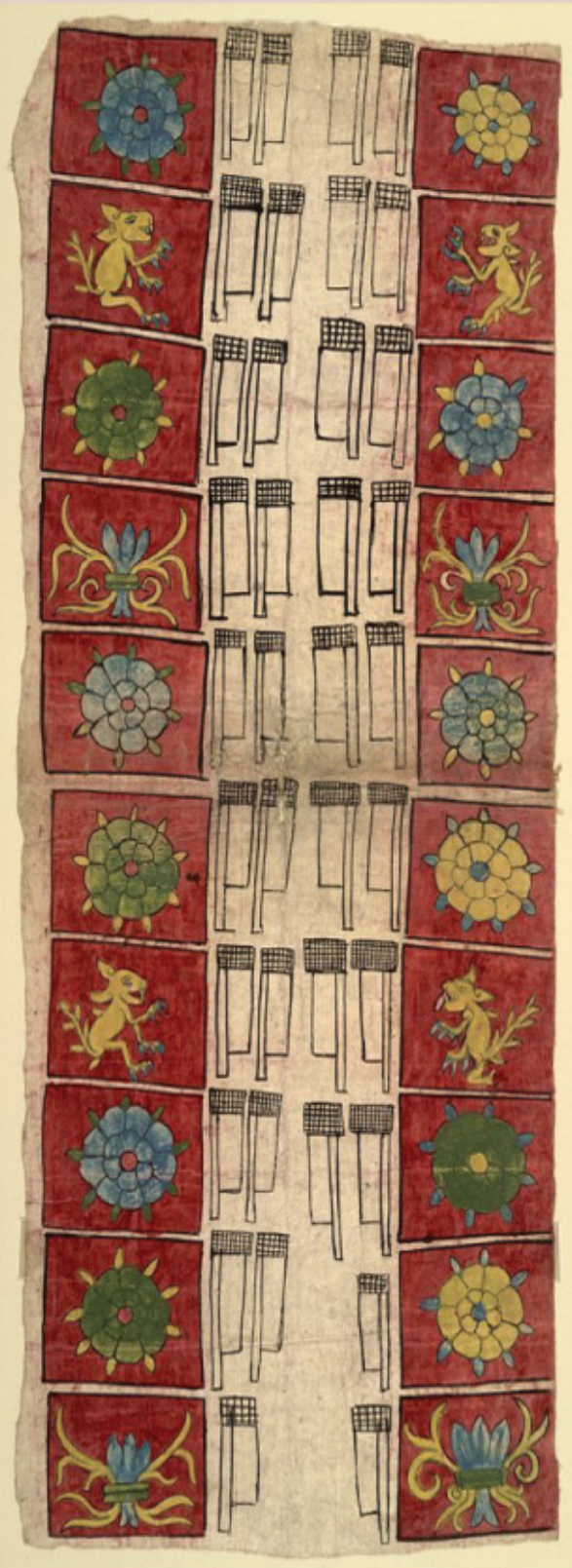
En la vida cotidiana estamos rodeados de artefactos que aplican los principios de las mezclas aditivas, como son las pantallas de nuestros dispositivos móviles, equipos de cómputo, televisores, entre otros.

De igual manera los sistemas sustractivos han sido los más utilizados a lo largo de la historia para darle color a los objetos, con el empleo de sustancias colorantes. Éstas pueden ser colorantes orgánicos como el índigo, púrpura o grana cochinilla, utilizados en México desde tiempos prehispánicos; pigmentos minerales como son los óxidos de hierro, sales de cobre, plomo, mercurio, extraídos de la naturaleza; o compuestos artificiales como resinatos, anilinas, pigmentos de cromo, entre otros fabricados por el ser humano.



Sistema aditivo a partir de rojo, verde y azul y sistema sustractivo a partir de cian, magenta y amarillo.





Detalle del *Códice florentino* (ca. 1577) y de *Memoria sobre la naturaleza* (1777) donde encontramos referencias del uso de la grana cochinilla llamada Nocheztli o sangre de tuna, como colorante, y muestra de carmín. Actualmente su uso continúa para la tinción de fibras, alimentos y cosméticos.

Al reto de producir y fijar el color en los objetos se suma el reto de conservarlo. Por siglos artistas, comerciantes, científicos, han trabajado incansablemente en el desarrollo de métodos de producción y aplicación para hacer más duradero el efecto del color.

La resistencia de los colores depende de la estabilidad de sus moléculas, su interacción con el soporte y su exposición. En este fragmento del *Códice Huejotzingo* podemos observar cómo el color rojo se conserva mejor que el azul, así como la afectación del color en zonas de mayor fricción.

¿Alguna vez te has preguntado por qué hay objetos que pierden más rápidamente su color?

Paradójicamente la misma luz que hace posible el color es, entre otros factores, la causa de su desvanecimiento, ya que la luz que absorben las superficies pigmentadas provoca su alteración química y la pérdida de su estructura molecular, lo que resulta en el deterioro gradual del color.

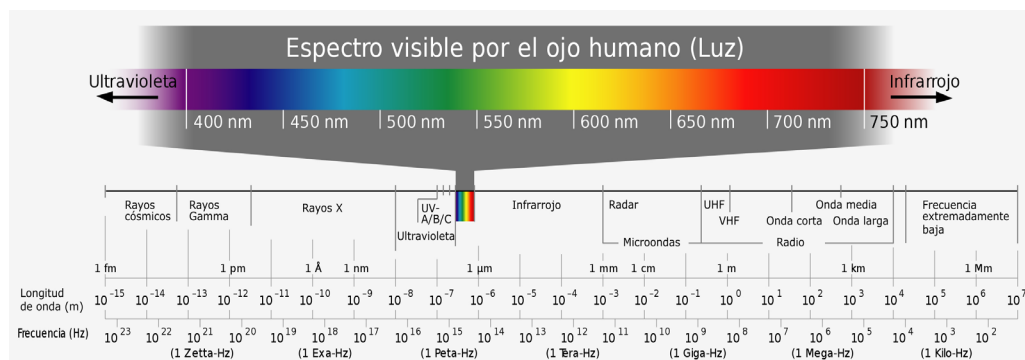
Los compuestos orgánicos como el papel, la madera, fibras animales y las sustancias colorantes son particularmente sensibles a la luz y la velocidad con que sus moléculas se degradan depende del tipo de fuente, intensidad y tiempo que ha estado expuesto el objeto. Como se trata de un fenómeno acumulativo una vez que los materiales absorben suficientes fotones para provocar la reacción química, ésta puede darse incluso en la oscuridad.

Algunos museos, con el fin de preservar lo más posible sus colecciones con alto grado de fotosensibilidad o sensibilidad a la luz, como acuarelas, manuscritos antiguos, textiles y otros materiales orgánicos, han adoptado medidas para exhibirlos en salas oscuras con iluminación controlada muy tenue que se enciende solamente cuando se acercan los visitantes. Sin embargo, a largo plazo incluso este tipo de medidas resultarán insuficientes, ya que el daño es acumulativo.

La incidencia directa de una fuente de luz también puede aumentar la temperatura del material y acelerar reacciones químicas de degradación de éste.

Otros fenómenos relacionados con las fuentes de iluminación que afectan la conservación del patrimonio son la oxidación de gases contaminantes por la luz, convirtiéndolos en sustancias que pueden dañar la superficie de los bienes culturales; el calentamiento del aire que causa corrientes que favorecen la deposición de partículas en la superficie de los objetos, así como la generación de un ambiente propicio para el desarrollo de bioorganismos fototróficos, es decir, organismos que utilizan la luz en sus procesos metabólicos.

Del espectro electromagnético cercano a la luz visible, la radiación UV es la mayor causante de degradación de materiales orgánicos debido a que aporta mayor energía. Es por ello que en la industria se han desarrollado diferentes soluciones para filtrar esta radiación, como son materiales absorbentes de UV que se aplican a películas protectoras, vidrios, barnices, tintas y productos cosméticos, entre otros.



El espectro visible por el ojo humano se encuentra entre los 400 y 700 nm aproximadamente, como se observa en esta imagen del espectro electromagnético.





Para conservar por mayor tiempo los materiales sensibles a la luz

- Observa la iluminación natural y artificial de los espacios en que se encuentran y evita colocarlos en lugares donde reciben directamente la luz del sol.
- En el mercado existen películas protectoras UV para vidrio y superficies sensibles como madera, que puedes adquirir en línea a muy bajo costo.
- Revisa tus fuentes de iluminación artificial, considera que las lámparas incandescentes generan mucho calor, las fluorescentes luz UV, mientras que las LED emiten menor radiación UV y consumen menos energía, integra en lo posible estas últimas y mantenlas apagadas cuando no las necesitas.
- Busca crear espacios cálidos y confortables con la combinación de colores y fuentes de luz natural indirecta.

Con estas medidas además de cuidar tus objetos
reduces el consumo de energía y contribuyes
a la conservación del medio ambiente



En general los objetos que con mayor facilidad pierden el color son aquellos que se conforman por compuestos más inestables, algunos de ellos de uso común en la industria dado su bajo costo. Por el contrario, encontramos objetos coloreados a altas temperaturas, lo que les confiere resistencia a la decoloración, como es el caso de los materiales cerámicos y el vidrio.

El vidrio y el plástico son materiales de uso cotidiano, pero también materia prima de creaciones artísticas y bienes culturales, en los que podemos observar procesos de pigmentación diferentes.

En el vidrio coloreado se conjuga el efecto de la luz reflejada y transmitida y es uno de los materiales que ofrece mayores ventajas en el reciclaje, sólo existe una gran limitación, debe separarse por color. Esto debido a que su coloración a altas temperaturas fusiona el pigmento con la materia prima, lo cual lo hace inseparable.

El color ámbar del vidrio, por ejemplo, se obtiene mediante la fusión de sulfuro, carbón y sales de hierro, mientras que en la pigmentación del vidrio verde usualmente se utilizan sales de hierro y cromo. Las botellas de vidrio ámbar se han utilizado históricamente en la industria química y de los alimentos dado que actúan como filtro de luz UV, protegiendo su contenido de esta radiación. Lo mismo ocurre con el vidrio verde, pero en menor grado.

Otras coloraciones del vidrio tienen propósitos ornamentales o decorativos, como es el caso del vidrio rojo conocido como rojo rubí, en el que tradicionalmente se emplean sales de oro que al fundirse con el vidrio a altas temperaturas precipitan nanopartículas de oro cuya banda de absorción de la luz genera además de dicha coloración roja efectos iridiscentes. Otros vidrios rojos se colorean con sales de cadmio o de cobre, más económicas, pero con otras desventajas como su toxicidad.

En pocos países, como Suiza, el vidrio se recicla por separado, en otros se emplean máquinas que separan el vidrio triturado por medio de aire a partir de la detección del espectro de color, pero esto implica un costo energético y ambiental, que de cualquier manera es más bajo que el costo de no reciclarlo; en otros países más tristemente se desecha gran parte del vidrio coloreado y se emplea materia prima nueva.

El plástico ha sustituido al vidrio y los materiales cerámicos en muchos objetos de uso común, por su resistencia. Para la producción de plásticos amarillos, negros y rojos usualmente se emplean pigmentos de origen mineral que son económicos y más resistentes a la decoloración. Sin embargo, en la producción de algunos plásticos azules y verdes es común el empleo de colorantes orgánicos en lugar de pigmentos minerales, debido a que estos últimos llegan a tener costos más elevados en estas tonalidades. Dado que los colorantes son más susceptibles a la decoloración resulta más común observar objetos de plástico azules y verdes de uso común con este deterioro.

En ocasiones lo que se degrada no es la sustancia colorante, sino la matriz o el medio, como es el caso de los plásticos rígidos que se observan blanquecinos en zonas donde se doblan, esto se debe en parte a que la degradación del polímero genera pequeñas partículas que interactúan de manera diferente con la luz, o el vidrio antiguo que se torna opaco e iridiscente.





Cuenco romano de vidrio con guirnalda, siglo I, a. C.

Infórmate qué hay detrás del color de los objetos

Hoy en día es muy fácil obtener información en línea sobre los materiales y procesos industriales que se requieren para la elaboración de la mayoría de los objetos de uso común.

Infórmate qué Hechas y aceptadas todas hay detrás de los intensos colores de tus comidas favoritas y materiales que conforman los objetos que te rodean.

Tedarás cuenta de que muchos de ellos implican procedimientos que generan residuos altamente contaminantes, agotan la naturaleza o implican un riesgo para tu salud y la de los demás.

Conviértete en un consumidor responsable, seguramente encontrarás información interesante sobre la historia, el trabajo, ingenio y tecnología que hay detrás del color de cada objeto, que además de sorprenderte, te ayudará a tomar mejores decisiones.





Lo que mariposas, pavos reales y colibríes
NOS ENSEÑAN SOBRE EL COLOR

La búsqueda por reproducir colores más intensos e iridiscentes llevó a la observación microscópica de escarabajos, plumas de aves, alas de mariposas y otros fascinantes especímenes de la naturaleza, revelando la existencia de color a partir del principio de interferencia, lo que se conoce como color estructural.

Cuando la luz se refleja en la estructura microscópica de las plumas de algunas aves, como el pavo real o el colibrí, o las alas de las mariposas *Morpho*, estructuras regulares de pocos cientos de nanómetros, interfieren anulando o reforzando distintas longitudes de onda en distintas direcciones, lo que crea un efecto de intenso color e iridiscencia.

En el siglo XVII Robert Hooke observó que al sumergir una pluma de pavo real en agua su intensa coloración desaparecía tornándose oscura y opaca. Al observarla al microscopio encontró diminutas estructuras causantes del reflejo y refracción de la luz, las cuales plasmó en su *Micrographia* (1665), primera publicación dedicada a la ilustración de observaciones microscópicas de algunos objetos y elementos de la naturaleza, que se constituyó en un *Best seller* de su época.

En la naturaleza vemos también casos que combinan este fenómeno con otros efectos creados por pigmentaciones secundarias que intensifican el color.

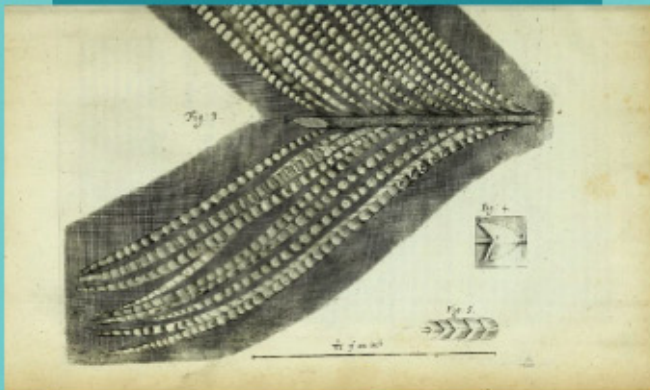
El estudio las microestructuras que dan origen a colores iridiscentes se ha abordado también en objetos culturales. Retomando el caso del vidrio antiguo, en el que uno de los efectos de alteración es la iridiscencia, se han estudiado las microestructuras lamelares, similares a las que producen los efectos iridiscentes en las conchas, que se forman en la superficie por la deposición de iones que migran debido a la porosidad del material y su interacción por largo tiempo en ambientes agresivos.

El análisis del color estructural está dando lugar a desarrollos científicos y tecnológicos con importante impacto en la industria energética, médica, de la construcción, cosmética, automotriz, entre otras. Plásticos estructuralmente coloreados con finas capas de aluminio, que son más resistentes, versátiles y reciclables, o la pintura estructural que además de lograr colores más intensos y brillantes, al no absorber la luz es más resistente a la decoloración, son sólo algunos ejemplos de aplicaciones que eventualmente podrían ampliar la gama de películas, recubrimientos y otros materiales empleados para la preservación del patrimonio. Sin embargo, la alteración cromática y el desvanecimiento del color involucran tanto procesos físico-químicos en los materiales, como sensoriales, psicológicos y referenciales por parte de quien los observa.

Desde la conservación enfrentamos el reto de preservar un fenómeno que es a la vez materia, ilusión, memoria y experiencia. ¿Hasta qué punto es esta tarea posible? depende del color del cristal con que se mire.



Mariposa *Morpho didius*. Detalle de sus alas y micrografía de la estructura de una de sus alas.



Detalle de plumas de pavo real y observaciones de Hooke en su *Micrographia*.



Jarra romana de vidrio, siglo IV d.C.

Referencias de las imágenes (por orden de aparición)

Empédocles. Imagen: Scheedel, Hartmann (1493) Liber Chronicarum o Crónicas de Núremberg [en línea], disponible en: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Empedocles-2-sized.jpg>> [consultado el 1 de abril de 2020].

Círculo cromático. Imagen: Goethe, Johann Wolfgang van (1809) Teoría de los colores [en línea], disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Teor%C3%ADa_del_color#/media/Archivo:GoetheFarbkreis.jpg> [consultado el 5 de abril de 2020].

Círculo cromático. Imagen: Newton, Isaac (1730) Opticks: *Or a Treatise of the Reflections, Refractions, Inflections and Colours of Light*, Fourth Edition, corrected, The First Book of Opticks, Prop. VI. Prob.II. Fig. 11, p.150.

Círculo cromático. Imagen: Harris, Moses (c. 1769) Natural System of Colours [en línea], disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Moses_Harris04a.jpg> [consultado el 5 de abril de 2020].

Círculo cromático. Imagen: Goethe, Johann Wolfgang van, y Schiller, Friedrich (1799) Rosa de los temperamentos [en línea], disponible en: <https://en.wikipedia.org/wiki/Theory_of_Colours#/media/File:Goethe_Schiller_Die_Temperamentenrose.jpg> [consultado el 5 de abril de 2020].

Sistema aditivo de color. Imagen: Horvath, Mike (2006) Additive color [en línea], disponible en: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:AdditiveColor.svg>> [consultado el 2 de abril de 2020].

Sistema sustractivo de color. Imagen: Horvath, Mike (2006) Subtractive color [en línea], disponible en: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SubtractiveColor.svg>> [consultado el 2 de abril de 2020].

Detalle del *Códice florentino*. Imagen: Sahagún, Fray Bernardino de (ca. 1577) *Códice Florentino*, Libro XI, folio 368v [en línea], disponible en: <[wdl.org/es/item/10096/view/3/747](http://www.diglib.org/es/item/10096/view/3/747)> [consultado el 2 de abril de 2020].

Detalle de la grana cochinitilla. Imagen: Alzate y Ramírez, José Antonio de (1777) Memoria sobre la naturaleza, cultivo y beneficio de la grana [en línea], disponible en: <<https://www.gob.mx/agn/articulos/memoria-sobre-la-naturaleza-cultivo-y-beneficio-de-la-grana-un-documento-del-fondo-correspondencia-de-irreyes?idiom=es>> [consultado el 5 de abril de 2020].

Carmín. Imagen: Stephzz (2011) Muestra de pigmento carmín CC BY-SA 3.0 [en línea], disponible en: <<https://es.wikipedia.org/wiki/Carm%C3%ADn#/media/Archivo:Carmine.JPG>> [consultado el 5 de abril de 2020].

Códice Huejotzingo (1531). Biblioteca digital mundial, disponible en: <[wdl.org/es/item/2657/view/1/3](http://www.diglib.org/es/item/2657/view/1/3)> [consultado el 2 de abril de 2020].

Lámpara de luz incandescente de 60W clase E. Imagen: KJM (2004) Gluehlampe 01 CC BY-SA 3.0 disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gluehlampe_01_KMJ.jpg> [consultado el 3 de abril de 2020].

Espectro electromagnético. Imagen: Horst Frank, Jailbird (2007) Espectro electromagnético CC BY-SA 3.0 disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Luz#/media/Archivo:Electromagnetic_spectrum-es.svg> [consultado el 3 de abril de 2020].

Cuenco romano de vidrio con guirnalda, siglo I, a. C. Imagen: The Metropolitan Museum of Art, disponible en: <<https://images.metmuseum.org/CRDImages/gr/original/DP122006.jpg>> [consultada el 25 de abril de 2020].

Detalle de plumaje de colibrí *Calypte costae*. Imagen: Sullivan, Jon (2004) Hummingbird [en línea], disponible en: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Hummingbird.jpg>> [consultado el 3 de abril de 2020].

Mariposa *Morpho didius*. Imagen: Descouens, Didier (2011) *Morpho didius* Male Dos MHNT [en línea], disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Morpho_didius_Male_Dos_MHNT.jpg> [consultado el 3 de abril de 2020].

Detalle de mariposa *Morpho*. Imagen: StockGarden.org (2019) *Morpho* Butterfly-Costa Rica [en línea], disponible en: <<https://www.flickr.com/photos/stockgarden/48468473937/>> [consultado el 3 de abril de 2020].

Micrografía del ala de una mariposa. Imagen: ZEISS Microscopy (2012) Micrograph of a butterfly wing scale from *Pieris brassicae* taken at 5kV with low-kV BSE detector. Instrument: ZEISS EVO HD scanning electron microscope [en línea], disponible en: <<https://www.flickr.com/photos/zeissmicro/7485629194/>> [consultado el 3 de abril de 2020].

Detalle de plumas de pavo real. Imagen: Duarte, Alex (2008) Peacock feathers closeup [en línea], disponible en: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Peacock_feathers_closeup.jpg> [consultado el 4 de abril de 2020].

Detalle de la obra *Micrographia*. Imagen: Hooke, Robert (1665) *Micrographia, or, some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses: With observations and inquiries thereupon*, Londres, James Allestry James y John Martyn printers, p. 167 [en línea], disponible en: <https://archive.org/details/micrographiaor00hook_4/page/166/mode/2up> [consultado el 4 de abril de 2020].

Jarra romana de vidrio, siglo IV d.C. Imagen: The Metropolitan Museum of Art, disponible en: <<https://images.metmuseum.org/CRDImages/gr/original/DP265551.jpg>> [consultada el 25 de abril de 2020].

