

## ¿Cómo se generan los colores?: Perspectiva química y física How colors are generated?: Chemical and physical perspective

Eltonh Islas Trejo <sup>a</sup>, Emmanuel Blas Patricio Rangel <sup>b</sup>

### Abstract:

Human beings by nature have always had the need to explain the physical and chemical phenomena that surround them. Questions such as: why is the sky blue?, why the sky can it turn orange at sunset?, or why do things have a specific color?, are questions that we have all asked ourselves at some time in our lives. In this article, these questions are answered from a physical and chemical perspective, explaining how light (radiant energy) interacts with matter, and how its atomic and molecular properties will determine the color of any type of matter. In addition, it is discussed how the body allows to translate the matter-energy interaction in the experience of color.

### Keywords:

Color, Radiant Energy, Wavelength, UV-visible Light

### Resumen:

El ser humano por naturaleza, siempre ha tenido la necesidad de explicar los fenómenos físicos y químicos que lo rodea. Preguntas como: ¿por qué el cielo es azul?, ¿por qué puede tomarse naranja al atardecer? o ¿por qué las cosas tienen un color en específico?, son cuestionamientos que alguna vez todos nos hemos planteado. En este artículo, se responden estos cuestionamientos desde una perspectiva tanto física como química, explicando como interactúa la luz (energía radiante) con la materia, y como sus propiedades atómicas y moleculares, van a determinar el color de cualquier tipo de materia. Además, se discute como el cuerpo permite traducir la interacción materia-energía en la experiencia del color.

### Palabras Clave:

Color, Energía Radiante, Longitud de Onda, Luz UV-visible

### Introducción

El color es una de las propiedades intensivas de la materia más fascinante y cautivadora del mundo natural. Desde la naturaleza, hasta las obras de arte y productos de uso diario, los colores son una parte fundamental de la experiencia humana. Aunque el color pudiera parecer una propiedad inherente de la materia, el origen de los colores se encuentra en la interacción que tiene la materia con la luz que la incide. Es importante tener en mente que la luz del sol, es un tipo de energía que forma parte del espectro electromagnético y por lo tanto, puede interactuar con

la materia. Entender la naturaleza de esta interacción, la composición química de los materiales y fenómenos como la absorción y reflexión de la luz, es de suma importancia para poder explicar el color de las cosas.

### Naturaleza de la luz

La luz del sol que conocemos comúnmente como luz visible o luz blanca, está compuesta por longitudes de onda que oscilan entre los 400-700 nm. Sir Isaac Newton, fue de los primeros en estudiar la luz visible, descubriendo que, este tipo de energía radiante al incidir en un prisma refractante, se descomponía y daba lugar a diferentes

<sup>a</sup> Eltonh Islas Trejo, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Preparatoria No. 3 | Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-4094-110X>, Email: [eltonh\\_islas@uaeh.edu.mx](mailto:eltonh_islas@uaeh.edu.mx)

<sup>b</sup> Emmanuel Blas Patricio Rangel, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Preparatoria No. 3 | Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0008-2771-3963>, Email: [emmanuel\\_patricio@uaeh.edu.mx](mailto:emmanuel_patricio@uaeh.edu.mx)

colores, dando lugar a lo que hoy conocemos como el espectro visible. [1]

Dentro del espectro visible cada color corresponde a un rango de longitud de onda (tabla 1) y recordando que la longitud de onda es inversamente proporcional a la energía, el color rojo es el menos energético mientras que el violeta es el más energético, ya que tienen longitudes de onda de 700 y 400 nm respectivamente. Esto repercute directamente en el color de las cosas. [2]

Tabla 1. Longitud de onda en nm, para cada color en el espectro visible.

Color	Longitud de onda (nm)
Violeta	400-450
Azul	450-490
Verde	490-550
Amarillo	550-580
Naranja	580-650
Rojo	650-700

### Interacción Luz-Materia

Los objetos a nuestro alrededor no emiten luz por sí mismos (excepto las fuentes de luz como un foco, cerillo, etc.). El color se produce cuando la luz blanca incide en la materia, por esta razón cuando estamos en plena oscuridad sin una fuente de luz, no podemos percibir ningún color. [2-3] La luz blanca y la materia pueden interactuar de diferentes maneras:

- Que la materia absorba toda la luz
- Que la materia no absorba la luz (refleja toda la luz)
- Que la materia absorba cierto tipo de luz (refleja una parte del espectro visible)
- Que la materia no absorba ni refleje la luz

Cuando la materia absorbe toda la luz, la materia luce de color negro, ya que, al quedarse con toda luz, ninguna longitud de onda llega a nuestros ojos y lo percibimos de color negro, cabe mencionar que no hay ningún material que absorba el 100% de la luz, por eso podemos tener diferentes tonalidades de colores oscuros.

Cuando la materia no absorbe la luz, se ve de color blanco, al reflejar todas las longitudes de onda, toda la luz blanca llega a nuestros ojos y por eso percibimos los objetos de ese color.

Cuando la materia absorbe la luz de un solo color, va a reflejar la luz de su color complementario. A esto se le denomina como el fenómeno de los colores complementarios, de esta manera, dos colores son

complementarios cuando se encuentran en posiciones opuestas en una rueda cromática (imagen 1). Por ejemplo, cuando la luz blanca atraviesa una sustancia que absorbe la luz roja, el color observado es el verde. Al ser el color complementario del rojo, el verde predomina visualmente cuando la luz roja se sustrae de la luz blanca. [2]

Esto se puede confirmar experimentalmente mediante la espectroscopia UV-visible, dando como resultado que si una sustancia es verde, absorbe luz de entre 650-700 nm, correspondiente a la luz roja.



Imagen 1. Rueda cromática que muestra los pares de colores complementarios.

Por último, si un material es transparente o translucido, significa que no absorbe ni refleja la luz significativamente, por lo tanto, podemos ver a través de él. En este sentido, podemos tener materiales muy translucidos como los vidrios de nuestros lentes o ventanas que casi no desvían la luz y por esto podemos ver claramente y sin distorsiones a través de ellos, o bien, podemos tener materiales que son translucidos, pero que desvían un poco la luz, y observamos a través de ellos con cierta distorsión y no tanta claridad.

### La química detrás del color

Desde el punto de vista de la química, los colores se producen cuando los compuestos absorben alguna longitud de onda de la luz visible, haciendo que exista una transición electrónica, es decir, que un electrón adquiera energía y sea promovido desde su estado basal hasta un estado excitado. Esto solo sucede cuando la diferencia de energía entre el estado basal y el excitado corresponde a una longitud de onda entre los 400 y 700 nm. [3]

Por lo general, compuestos que tengan metales de transición y/o múltiples insaturaciones (enlaces dobles, enlaces triples y anillos aromáticos) van a presentar transiciones electrónicas al absorber luz visible, haciéndolos coloridos. [3] Un ejemplo es la clorofila y la hemoglobina, que tienen una estructura química muy similar, ambos compuestos tienen un anillo de porfirina

(compuesto con enlaces múltiples). La diferencia es que la clorofila contiene magnesio y la hemoglobina tiene hierro, por esta razón la clorofila es verde y la hemoglobina roja.

Por el contrario, compuestos que no cumplan estas características, por lo general son de color blanco o ligeramente amarillos, ya que sus transiciones electrónicas ocurren cuando absorben luz ultravioleta y la luz ultravioleta no puede ser percibida por el ojo humano, por esta razón compuestos como la sal, azúcar, bicarbonato de sodio y la mayoría de compuestos orgánicos, no son coloridos. [3]

### **La física detrás del color**

Como se comenta anteriormente, para que un objeto o sustancia tenga color, este debe de absorber una parte de la luz blanca y reflejar la luz no absorbida. La absorción se puede abordar desde un punto de vista químico, sin embargo, la física, en especial la óptica, juega un papel crucial en la percepción del color. La reflexión, refracción y dispersión de la luz son fenómenos ópticos que afectan cómo vemos los colores. [4-5]

La reflexión ocurre cuando la luz rebota con el mismo ángulo de incidencia en la superficie de un objeto, de esta manera la luz no absorbida se ve reflejada a nuestros ojos. Esto pasa en la mayoría de interacciones luz-materia. Sin embargo, tenemos materiales a los cuales llamamos iridiscentes, que pueden cambiar de color dependiendo del ángulo en el que lo miremos, un ejemplo son los CD's, las plumas de ciertas aves o las burbujas de jabón. Este se debe al arreglo espacial de las moléculas de dichos materiales, este arreglo hace que la luz se difracte, es decir, que se refleje con diversas direcciones. Al salir en diferentes direcciones, las ondas reflejadas se combinan, dando lugar a un fenómeno de interferencia (puede ser constructiva o destructiva). Este fenómeno da lugar a los tonos iridiscentes que cambian al moverse o al cambiar el ángulo de visión del observador. [4]

Por otro lado, otro fenómeno físico importante en la percepción de la luz, es la dispersión. La dispersión ocurre cuando la luz se desvía en diferentes direcciones al pasar por un material translucido. Esto sucede porque la luz interactúa con las partículas presentes en el medio. Un claro ejemplo de este fenómeno es cuando observamos un arcoíris en el cielo, el cual se forma cuando la luz atraviesa las gotas de agua presentes en el cielo, haciendo que la luz se disperse en distintas direcciones, dando lugar a los diferentes colores del arcoíris.

Otro ejemplo de la dispersión de la luz, es cuando el cielo cambia de color a lo largo del día. A este fenómeno se le

denomina como dispersión de Rayleigh, el cual, describe cómo las partículas pequeñas en la atmósfera (principalmente moléculas de oxígeno y nitrógeno) dispersan la luz solar. Cuando la luz solar pasa a través de la atmósfera, las longitudes de onda más cortas (como el azul y el violeta) se dispersan más fácilmente que las longitudes de onda más largas (como el rojo, naranja y amarillo). Por lo cual, al dispersarse en todas direcciones, la luz azul es la que predomina en nuestra percepción del cielo. [4] Cuando atardece, el sol está más cerca del horizonte y la luz tiene que atravesar una mayor cantidad de atmósfera. Como resultado del ángulo en el que entra la luz a la atmósfera, la mayor parte de la luz azul y violeta se dispersa fuera de nuestra línea de visión, dejando que las longitudes de onda más largas, correspondientes a los colores rojos, naranjas y amarillos, sean los que predominen dando lugar a los tonos cálidos y rojizos característicos del atardecer. Cabe resaltar que factores como la contaminación puede modificar aún más los colores del cielo.

### **La percepción del color en los ojos**

Si bien es cierto, ya abordamos desde un punto de vista químico y físico el origen de los colores. Sin embargo, la percepción de los colores depende en gran medida en cómo nuestros ojos interpretan las longitudes de onda que llegan a ellos.

En nuestros ojos tenemos fotorreceptores llamados "conos", los cuales son sensibles a la luz visible. Los "conos L" son sensibles a la luz roja, los "conos M" son sensibles a la luz verde y los "conos S" son sensibles a la luz azul. La combinación de longitudes de onda que llegan a estos conos es transformada a señales eléctricas que llegan hasta el cerebro y se interpretan como colores. [5]

Cuando una persona carece de alguno de estos conos, se produce lo que conocemos como daltonismo. La condición en la cual una persona carece del "cono L" se le denomina protanopia (ceguera al rojo), cuando carece del "cono S" se le denomina tritanopia (ceguera al azul) y cuando carece del "cono M" se denomina deuteranopia (ceguera al verde) siendo esta última, la condición de daltonismo más frecuente. [5]

Cabe destacar que el gen que codifica los tipos de conos, se encuentra en el cromosoma X. De esta manera, las mujeres al tener dos cromosomas X, si un cromosoma tiene un gen defectuoso, tiene otro cromosoma que puede compensar el defecto. Mientras que el hombre, al solo tener un cromosoma X, si tiene un gen defectuoso no tiene otro gen para compensar el defecto, por esta razón, el daltonismo es más frecuente en hombres que en mujeres.

Relacionado a esto, se ha encontrado que solo las mujeres pueden tener un cono extra (condición no tan común), haciendo que distingan una gama más amplia de tonalidades de los colores. [5]

### Conclusiones

Podemos decir con seguridad que el color es un fenómeno muy complejo que involucra muchos aspectos químicos, físicos y hasta fisiológicos. En la parte química, la absorción de la luz por parte de una sustancia u objeto, es de suma importancia, ya que solo los compuestos que tengan transiciones electrónicas en el rango de la luz visible, son los que podrán presentar color, y esto está directamente relacionado con su composición química. En la parte física, los fenómenos de difracción y dispersión de la luz, son los responsables que tengamos compuestos iridiscentes y que los objetos puedan presentar diferentes colores.

Todo esto no sería posible si en nuestros ojos no tuviéramos conos, que son los fotorreceptores responsables de convertir las longitudes de onda en impulsos eléctricos que el cerebro traduce en lo que conocemos como colores. Cuando estos fotorreceptores no funcionan correctamente, la percepción de los colores se puede alterar.

El estudio del fenómeno del color, ha permitido explicar y entender de mejor manera fenómenos como la formación de un arcoíris y el color del cielo. Sin embargo, con esta información también se han fabricado diversos materiales como lentes y pigmentos, contribuyendo al avance científico y tecnológico.

### Referencias

- [1] Pimentel, J. (2015). Teorías de la luz y el color en la época de las Luces. De Newton a Goethe. Arbor, 191(775), a264.
- [2] Miessler, G. L., Tarr, D. A. (2011). Inorganic Chemistry (4a ed.). EUA: Prentice Hall.
- [3] Rayner-Canham, G. (2000). Química inorgánica descriptiva (Segunda edición). Pearson Educación: Ciudad de México, México.
- [4] Velásquez, S. L., Serrano, P. Y. A., (2008). El color como un fenómeno físico natural. Góndola, 3 (1), 1-6.
- [5] Matta, E. J. (2010). Conceptos básicos sobre anatomía, fisiología y física del color. ECO Ciencia y Naturaleza, 21, 1-7.