

# Colores con luz negra

ÁLVAREZ GIL LEYVA JORGE EMILIANO, HERNÁNDEZ BAUMER LEONARDO, PARDO VALDÉS VALERIA, HÉCTOR RAMÍREZ GARCÍA Y PAOLA ARÉVALO LÓPEZ

**Resumen**— El color es la percepción en el ojo humano de la radiación electromagnética con una determinada longitud de onda y cómo la interpreta nuestro cerebro traduciéndola a un color u otro. Los pigmentos pueden ser sustancias orgánicas capaces de absorber y emitir esta energía en forma de color, por ejemplo los que las flores. La luz visible está formada por radiaciones de longitudes de onda entre 380 y 750 nanómetros (nm). El ojo humano es sensible a dichas longitudes de onda por lo que los colores que observamos todos los días se deben a la radiación electromagnética procedente del sol. A continuación se muestra lo que sucede al variar la longitud de onda incidente en diversas flores, específicamente al utilizar la luz negra, cuya longitud de onda varía entre 250 y 380 nm.

## I. INTRODUCCIÓN

La luz visible es un fenómeno complejo, se trata de la radiación electromagnética que puede percibir el ojo humano, está compuesta de partículas que tienen propiedades de onda y de partícula, las cuales tienen energía definida. Las ondas tienen 3 características básicas: longitud de onda, frecuencia y velocidad. La longitud de onda ( $\lambda$ ) es la distancia entre dos picos consecutivos (crestas o valles) en una onda. La

frecuencia ( $\nu$ ) indica el número de ondas que pasa por un lugar determinado en 1s. La velocidad indica qué tan rápido se mueve una onda a través del espacio.

La radiación electromagnética es una combinación de campos magnéticos y eléctricos oscilantes que se propagan en el espacio [1]. Esta radiación puede manifestarse de diversas formas como las ondas de radio, microondas, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma, figura 1. Las cuales tienen un comportamiento ondulatorio.

De acuerdo con la longitud de onda, la radiación electromagnética tiene diversos nombres, las radiaciones de longitudes de onda larga corresponde a las ondas de radio y longitudes de onda corta corresponde a los rayos Gamma [2]. El intervalo completo de longitudes de onda recibe el nombre de espectro electromagnético.

La radiación electromagnética se clasifica por su longitud de onda. Algunos ejemplos de radiación electromagnética que participan en la transferencia de energía fuera de la región del visible es la radiación infrarroja para calentar los alimentos o el horno de microondas que transfiere su energía a las moléculas de agua contenidas en los alimentos

ÁLVAREZ GIL LEYVA JORGE EMILIANO, HERNÁNDEZ BAUMER LEONARDO, PARDO VALDÉS VALERIA pertenecen a la PREPARATORIA de la UNIVERSIDAD LA SALLE CAMPUS SANTA TERESA y realizaron el proyecto dentro del curso QUÍMICA IV.

El proyecto fue asesorado por Q. HÉCTOR RAMÍREZ GARCÍA y la DRA. PAOLA ARÉVALO LÓPEZ.

haciendo que estas se muevan con mayor rapidez y de este modo se eleve la temperatura.

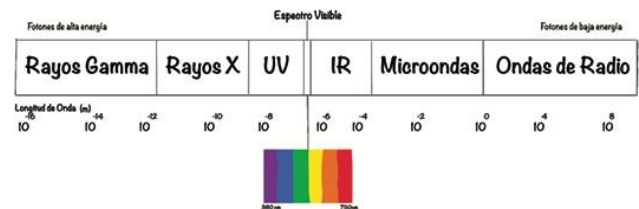


Figura 1. Espectro electromagnético con longitud de onda asociada a cada tipo de radiación.

A principios del siglo XX el físico danés Neils Bohr realizaba una aproximación a la teoría atómica, describió como un electrón gira en órbita alrededor del núcleo, aplicó el concepto de **cuanto de energía** propuesto por el físico alemán Max Planck en 1900. La energía nunca se emite de forma continua, sino en pequeñas porciones o paquetes discretos. Por lo que un electrón tiene que estar en un nivel específico y no puede estar entre los niveles de energía. Cuando un átomo absorba uno o más cuantos de energía su electrón salta a un nivel más alto. Al nivel más bajo o inferior se le llama estado fundamental o basal y al nivel más alto o superior de le llama estado excitado.

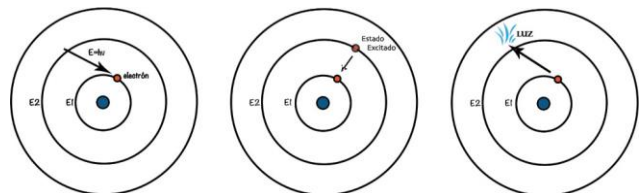


Figura 2. Etapas para la formación del fotón.

Y cuando el electrón decae del nivel excitado al basal se emite un cuanto de energía en forma de luz llamado **fotón** con una cierta longitud de onda. Cada fotón tendrá una energía directamente proporcional a la frecuencia de la onda, de acuerdo con Planck se tiene:

$$E = h\nu$$

en donde  $E$  es la energía,  $h$  es la constante de Planck ( $6.626 \times 10^{-34}$  J·s) y  $\nu$  es la frecuencia de la onda. Además, al considerar a la radiación electromagnética como onda, la longitud de onda y la frecuencia están relacionadas mediante la velocidad de la luz:  $c = \lambda\nu$ , donde  $c = 3 \times 10^8$  m/s, de forma

que la energía se puede calcular en términos de la longitud de onda:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

La pequeña porción del espectro electromagnético que es captado por el ojo se llama espectro visible o luz visible. De acuerdo con la longitud de onda que presenta cada color, el orden descendente es rojo, anaranjado, amarillo, verde, azul y violeta, tabla 1. La suma de todas estas longitudes de onda es lo que se denomina luz blanca.

Tabla 1. Intervalos de longitud de onda para los colores que forman la luz visible.

Color	$\lambda$ (nm)
Rojo	620 – 750
Anaranjado	590 – 620
Amarillo	570 – 590
Verde	495 – 570
Azul	450 – 495
Violeta	380 – 450

El sol, como todas las estrellas, emiten luz blanca. Cuando la luz blanca choca en los objetos que vemos, una parte se absorbe y otra se refleja. Un objeto que vemos de un color concreto, por ejemplo violeta no es más que un objeto que refleja sólo las radiaciones con longitud de onda que vemos como violeta y absorbe todas las radiaciones con longitud de onda correspondientes a los cinco colores restantes. Es decir, el objeto refleja las ondas con longitud correspondiente al violeta, nuestro ojo capta esas longitudes y nuestro cerebro la convierte en lo que interpretamos como violeta.

Existen diversos compuestos químicos que absorben luz en intervalos de longitud de onda correspondientes a la región del visible. El color se debe a la estructura química del compuesto, que refleja la energía que no se absorbe y se percibe por el ojo humano con un color específico. Las plantas contienen derivados del tetrapirrol (clorofila), isoprenoides (carotenoides) y compuestos heterocíclicos (antocianinas y benzoquinonas) los cuales percibimos como colores determinados. En muchas flores las células presentan cromoplastos con pigmentos carotenoides (rojos, anaranjados, amarillos), los pigmentos básicos son pelargonidina (rojo), cianidina (violeta), y delphinidina (azul), los flavonoles (amarillos o color marfil) [3], algunas de las cuales se muestran en la figura 3. En este trabajo se evaluarán las diferentes longitudes de onda que corresponden a los colores que presentan plantas con flores coloridas, bajo luz visible y luz negra.

## II. DESARROLLO

Se utilizaron plantas con pétalos coloridos como violetas (figura 3a), flor de papel (figura 3b) y begonias (figura 3c). Se estableció un área específica para la toma de fotografías ambientadas en total oscuridad, para evitar que luz residual o parásita afectara la percepción de color de los pétalos. La

lámpara de luz negra se colocó de forma cenital, utilizando una apertura de diafragma de f 8, una velocidad de obturación de 25 s y utilizando International Standards Organization (ISO) o American Standard Asociation (ASA) 200.

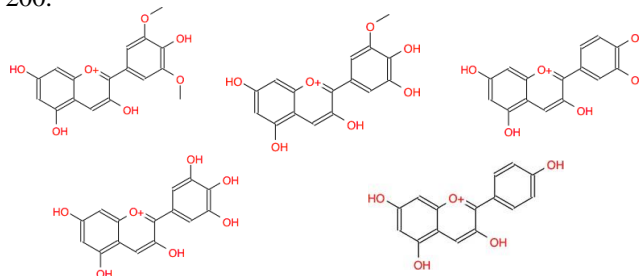


Figura 3. Estructura molecular de algunas antocianidinas comunes.



Figura 4. Plantas con flores coloridas: a) violetas, b) flor de papel y c) begonias bajo luz blanca.

Las fotografías se tomaron primero con luz blanca (flash) utilizando caja de luz para suavizar las texturas. Para obtener una oscuridad total se utilizó ciclorama de color negro mate para evitar reflejos o incidencias de luz no deseadas. A continuación, se muestran de izquierda a derecha la iluminación con luz blanca e iluminación con luz negra. Una vez teniendo el negativo digital RAW (crudo) se procesa en software de fotografía para su balance a blancos; es decir, los colores que se observan son los mismos que los observados teniendo el mínimo de perturbaciones de color. Este tipo de archivo digital contiene la totalidad de datos de la imagen captada por el sensor digital.

Cuando la planta completa o los pétalos se iluminan con luz negra, se observa que los pétalos cambian a otro color, figuras 5-7. Los colores de los pétalos cambian con la intensidad de la luz, los flavonoles presentan colores sólidos que van desde el amarillo tenue hasta el rojo, figura 7. Las antocianidinas presentan colores rojo intenso, morado, violeta y azul, figura 5 y 6.

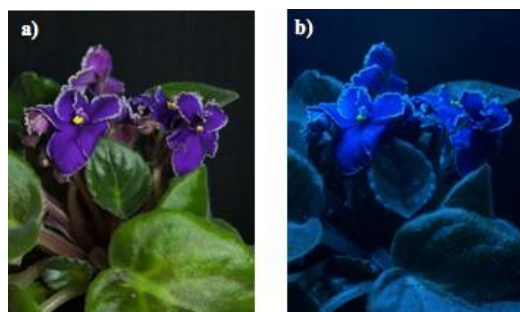


Figura 5. Violetas a) bajo luz blanca y b) bajo luz negra.

Los espectros de absorción en el UV de los antocianinas, presentan bandas características debido a los sistemas

conjugados de los anillos aromáticos. Los pigmentos muestran dos máximos de absorción en la región de 240 a 400 nm. Las antocianinas son parte de los pigmentos que encontramos comúnmente en frutas, jugos, vinos y varias plantas, los cuales son de color rojo, morado y azul. Los compuestos absorben en una región UV de 260 a 280 nm [4].

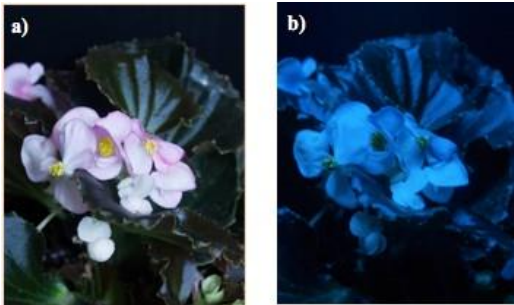


Figura 6. a) Begonia en presencia de luz blanca y b) begonia en presencia de luz negra.

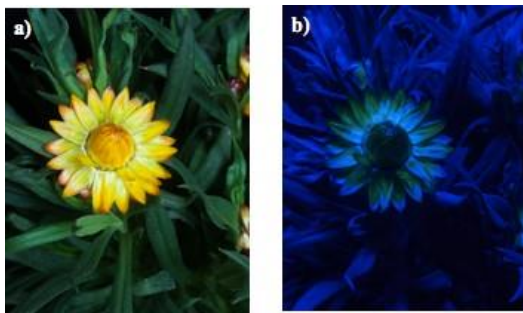


Figura 7. Flor de papel a) bajo luz blanca y b) bajo luz negra.

Para comparar pigmentos naturales con sintéticos tanto con luz blanca y luz negra, siendo esta última la fuente de luz ultravioleta (UV), se realizó una fotografía con lápices de colores con luz blanca y UV, figura 8.

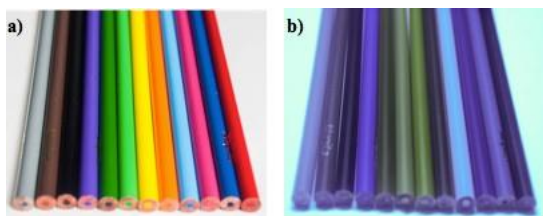


Figura 8. Lápices de colores a) con luz blanca y b) con luz negra.

La fotografía anterior nos ayuda para representar la radiación electromagnética del espectro visible con su respectiva longitud de onda, además de que cada color contiene pigmentos que nos sirven como referencia. En la tabla 2 se muestran los valores de longitud de onda para cada color. La energía fue calculada de acuerdo con la ecuación  $E = h \cdot \nu$ , y la frecuencia mediante  $\nu = c/\lambda$ .

A medida que la longitud de onda disminuye, la energía así como la frecuencia es mayor. De acuerdo con los colores que observamos en las figuras 5-7 y comparando con los

colores del espectro visible mostrados en la figura 8, se presentan los resultados de la emisión en el UV en la tabla 3.

Tabla 2. Energía y frecuencia calculada para cada longitud de onda asociada a los colores.

Color	Energía (J)	frecuencia (THz)
Rojo 685nm	$2.9036 \times 10^{-19}$	437.95
Anaranjado 605nm	$3.2876 \times 10^{-19}$	495.86
Amarillo 580nm	$3.4293 \times 10^{-19}$	517.24
Verde 532nm	$3.7387 \times 10^{-19}$	563.90
Azul 472nm	$4.2139 \times 10^{-19}$	635.59
Violeta 415nm	$4.7927 \times 10^{-19}$	722.89

Tabla 3. Tabla referencial de los colores en el espectro visible.

Flor	Color con luz blanca	Color con luz negra
Violeta (figura 5)	violeta	azul
Begonia (figura 6)	blanco	azul tenue
Flor de papel (figura 7)	amarillo	amarillo

En la flor violeta (figura 5), se observa un cambio de color violeta al azul, al incidir luz negra, para poderlo referenciar, se utiliza una tabla de valores del espectro visible y se realiza la diferencia de  $E_1$  (violeta) y  $E_2$  (azul). El valor de  $E_1$  es 415 nm y para  $E_2$ , se calcula mediante la referencia puntual del color sobre la tabla 2 de colores del espectro visible. El color azul obtenido para  $E_2$  es aproximadamente de 500 nm la diferencia son 85 nm, su energía es de  $3.978 \times 10^{-19}$  J, la cual corresponde a la mínima energía para situarlo en el color azul.

### III. CONCLUSIONES

Los colores que observamos todos los días se deben a la pequeña fracción del espectro electromagnético llamada *espectro visible* que se encuentra en el intervalo de 380 a 750 nm. La luz negra está formada por radiación UV y muy poca radiación visible. Los pétalos están iluminados por solo una longitud de onda de aproximadamente 380 nm y la cual afecta los pigmentos de las plantas llamados antocianinas haciendo que los colores absorban cierta energía y la emitan con una longitud de onda menor produciendo otros colores.

### REFERENCIAS

- [1] Chang, R. Química. McGraw-Hill. Interamericana de México. 2009.
- [2] "Electromagnetic Radiation (Radiación electromagnética (en inglés), tomado de la ChemWiki de UC Davis (Universidad de California en Davis), CC BY-NC-SA 3.0
- [3] <http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema22/index22.htm>
- [4] Mabry, T., Markham, K., Thomas, M., (1970) The Systematic Identification of Flavonoids. (ed.) Springer-Verlag, 354 Pág.