



Universidad de Antioquia
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales
Asignatura: Laboratorio Avanzado II
Docente: Edgar Rueda

Transmitancia y Absorbancia del Beta-Caroteno.

Alexander Valencia ^a

^a Instituto de Física.

Resumen

Este trabajo se elaboró con el propósito de imitar las funciones básicas de un espectrómetro para la medición de intensidades de la luz visible, desarrollando un montaje experimental que permitió registrar perfiles de intensidad posteriormente procesados utilizando codificación en el lenguaje de programación de Python. En principio se utilizaron dos filtros de diferente color para observar el efecto que podían tener sobre la luz blanca emitida por la lámpara de un celular, destinada como una fuente de referencia. Además, se empleó el mismo sistema para determinar magnitudes como la absorbancia y la transmitancia del compuesto de beta-caroteno presente en las zanahorias.

Palabras claves: Absorbancia, Beta-caroteno, Espectrómetro, Transmitancia.

I. INTRODUCCIÓN.

Dentro del contexto de la interacción entre la radiación electromagnética y la materia, se integran múltiples formas de desarrollar el estudio de la luz. Utilizando diferentes métodos se pueden explicar una gran cantidad de fenómenos relacionados con la radiación.

En particular, los fenómenos de la absorción y la emisión de la luz, se estudian por medio de la espectroscopía, basada en los procesos de separación de las longitudes de onda de la luz blanca que se descompone en diferentes colores del espectro visible, de acuerdo a las intensidades que los caracterizan. Lo anterior también se conoce como análisis espectral.

Entre los instrumentos ópticos que permiten realizar el análisis espectral de una sustancia o de un material, están los espectroscopios y los espectrómetros.

A través de un espectroscopio se puede observar el fenómeno de difracción de la luz, mientras que los espectrómetros miden las frecuencias o

longitudes de onda en las que una sustancia puede absorber o emitir energía en forma de un cuanto de luz, en una determinada región del espectro electromagnético.

II. MARCO TEÓRICO.

El espectro de colores que compone la luz visible abarca desde el rojo hasta el violeta, que tienen respectivamente la más extensa y la más corta longitud de onda en el rango del espectro electromagnético visible. La región visible constituye una pequeña parte del espectro completo.

En ambos extremos, más allá de lo que no está en el espectro visible, se hallan dos tipos de radiación: la infrarroja (IR) que puede ser emitida por cualquier objeto a una temperatura mayor que $T = 0\text{ K}$, y la ultravioleta (UV) emitida en cantidades significativas a través de los rayos solares.

Los espectrómetros operan concretamente midiendo sobre alguna de estas regiones del espectro electromagnético. Las sustancias que son activas en el espectro visible, absorben ciertas

longitudes de onda y transmiten las demás, siendo los colores una característica de la emisión en un rango continuo, de acuerdo al tipo de átomo o molécula que interactúa con la radiación. ^[1]

El desempeño de estos instrumentos se resume en su capacidad para distinguir tres magnitudes adimensionales de gran importancia: la absorbancia, la transmitancia y la reflectancia; que varían de acuerdo a las características específicas de una sustancia.

En este trabajo se utiliza el beta-caroteno, un compuesto orgánico presente en algunas plantas, frutas y hortalizas, tal como las zanahorias; y el cual es responsable de su coloración naranja.

III. PROCEDIMIENTO

Con el fin de estimar el efecto de dos filtros de diferente color (papel celofán de color rojo y verde) sobre la luz emitida por una lámpara de luz blanca de un celular iPhone 5, y además la transmitancia y absorbancia del beta-caroteno, se utilizó un montaje experimental idéntico al del esquema que se observa en la Figura 1.

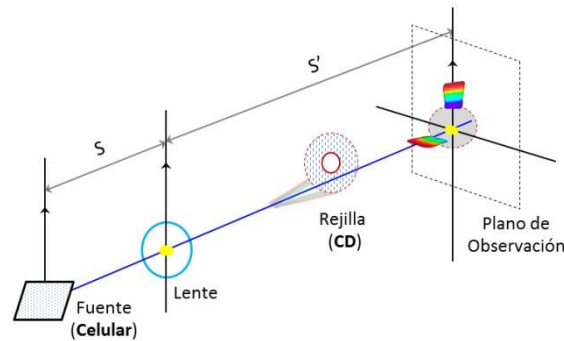


Fig 1. Esquema del montaje experimental.

Inicialmente se determinó la distancia focal f de la lente convergente, variando las distancias a las cuales se emitía el rayo de luz respecto al plano de observación en el que se formaba la imagen de la fuente. Esto se hizo utilizando la ecuación para una lente convergente dada por,

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{S} + \frac{1}{S'} \Rightarrow f = \frac{SS'}{S + S'} \quad (1)$$

donde S es la distancia entre la fuente y la lente y S' la distancia entre la lente y la imagen de la fuente.

Luego se eligió una de las medidas para configurar el montaje con el valor de S y S' que se ajustaban a la distancia focal, y a través de la lente se apuntó el rayo de luz de la lámpara dirigido hacia un CD que actuó como rejilla de difracción.

La luz blanca se descompone en colores cuando incide sobre la superficie rugosa del CD, la cual se diseña formando una pista en espiral que se compone de agujeros micrométricos separados con cierta distribución. Esto produce la difracción de la luz incidente en el CD, debido a que las longitudes de onda son mayores al tamaño de los agujeros.

El efecto de la difracción se proyectó sobre un plano de observación en el que se registró cada patrón espectral, uno para la referencia, otro para cada filtro y también para el recipiente y el líquido (jugo de zanahoria filtrado y diluido en agua).

IV. RESULTADOS Y ANÁLISIS

1. Distancia focal de la lente.

En la gráfica de la Figura 2 se muestra el ajuste lineal realizado para la medida de 6 datos de S y S' ,

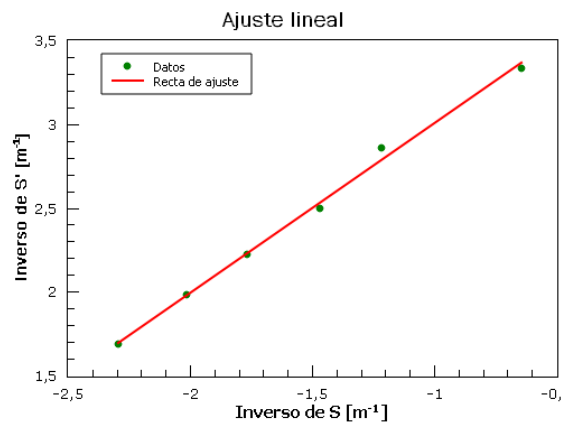


Fig 2. Ajuste lineal, distancia focal f .

De acuerdo a la ecuación (1) y el ajuste de regresión, se determinó $f = b^{-1} \approx 0.25$ m, como el valor de la distancia focal de la lente, el cual

corresponde al inverso del intercepto de la recta de ajuste: $y = mx + b \leftrightarrow \frac{1}{S'} = -\frac{1}{S} + \frac{1}{f}$

2. Calibración.

A partir del montaje mostrado en el esquema de la Figura 1, configurado de modo que la fuente y el plano de observación se separaron por una distancia $d = S + S' = 1.03$ m, esto es, con $S = 0.436$ m y $S' = 0.594$ m; se activó la lámpara de luz blanca para formar un perfil de intensidades debido a la difracción de la luz.

El patrón de difracción se registró en el plano de observación, tomando su imagen con una cámara digital Samsung DV150F. Se supone que el espectro de la lámpara de luz blanca, es el que se observa en la Figura 3, que se consultó en línea y fue asignado por el instructor de la práctica de laboratorio. Este rango de valores de longitudes de onda se tomó como referencia para la calibración.

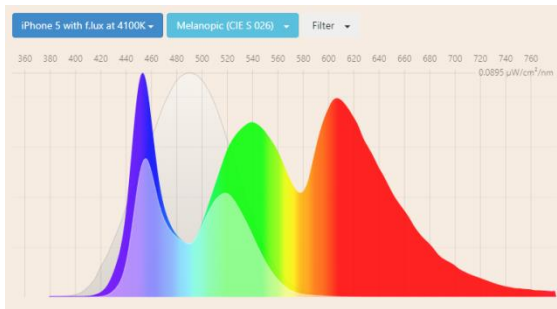


Fig 3. Espectro de longitudes de onda para una lámpara de celular iPhone 5.

La imagen que contenía el patrón de difracción con los colores del espectro visible, se transformó a escala de grises utilizando codificación en el lenguaje de programación Python y después de extraer una línea de píxeles, se obtuvieron los perfiles de intensidad en el eje vertical. Del rango espectral de la referencia se realizó la conversión requerida para determinar el número de pixel correspondiente a una determinada longitud de onda.

En las Figuras 4 y 5, se pueden apreciar respectivamente las calibraciones para procesar las imágenes tomadas para los filtros de color y el beta-caroteno, junto a sus perfiles de intensidad.

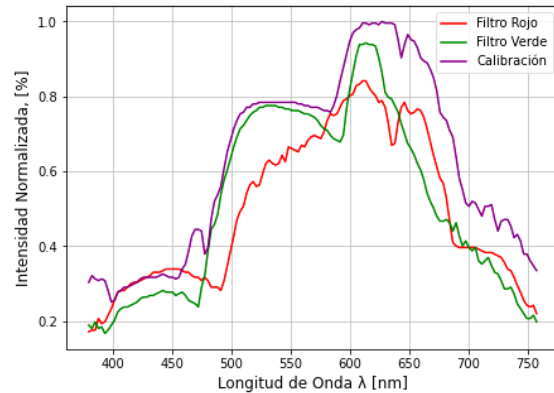


Fig 4. Calibración usada para los filtros e intensidades obtenidas para cada filtro.

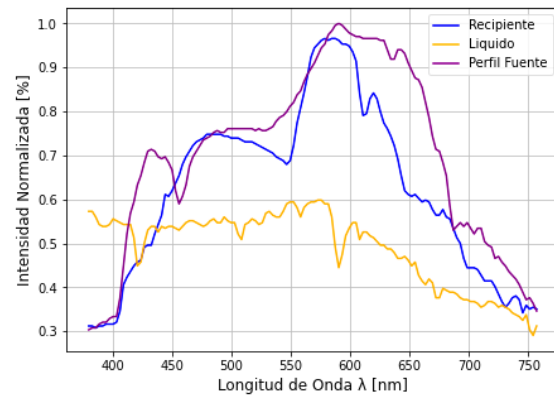


Fig 5. Calibración usada para el beta-caroteno e intensidades de radiación para el recipiente y el líquido.

3. Transmitancia de los filtros.

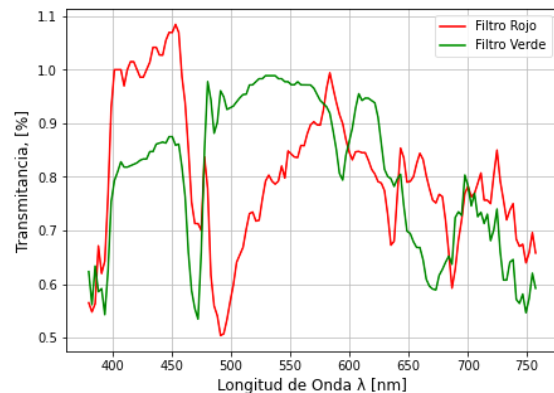


Fig 6. Relación entre la intensidad de la señal y el espectro calibrado.

La transmitancia de los filtros está dada por la relación entre la intensidad de la señal registrada y el espectro calibrado mediante la referencia, es decir $T = I_s/I_0$.

La visualización de este resultado se muestra en la Figura 6 y comparando lo que ocurre para ambos colores, se aprecia que la cantidad de energía de luz blanca que atraviesa el filtro rojo domina en longitudes de onda cortas entre 400 y 480 nm, y longitudes de onda mayores a los 550 nm; mientras que para el filtro verde domina en longitudes de onda ubicadas entre los 400 y 620 nm.

Como debería ocurrir, una mayor absorción de la luz blanca para el filtro de color rojo se presentaría en las longitudes de onda mayores, es decir donde se emite la componente espectral visible del color rojo y sucedería lo contrario para el filtro de color verde, con una transmitancia que empieza a reducirse más allá de los 600 nm.^[2]

El comportamiento del filtro de color rojo no es el esperado en las longitudes de onda cortas, pero en el resto de la región se tiene un comportamiento ligeramente comparable a lo que se describe en la literatura^[2] (su máximo sería aproximadamente constante en las regiones del infrarrojo). Para el filtro de color verde se tiene un comportamiento más aceptable en toda la región.

4. Transmitancia y absorbancia del beta-caroteno.

Para analizar la muestra de líquido que contiene jugo de zanahoria filtrado y diluido en agua, se utilizó un recipiente con un espesor de 1.4 mm y bordes superficiales delgados (caja de tic tac). El porcentaje de dilución es desconocido, sin embargo se observó la coloración naranja en el agua para realizar las medidas.

La luz blanca atravesó la interfaz recipiente-líquido y líquido-recipiente hasta proyectarse en el plano de observación, formando el patrón de difracción que aparece registrado en la Figura 7.

Suponiendo que no hay luz reflejada a través del líquido, entonces se satisface que la luz absorbida por el beta-caroteno, está dada por la diferencia entre la luz transmitida a través del recipiente y la que se transmite a través de ambos (líquido y recipiente).

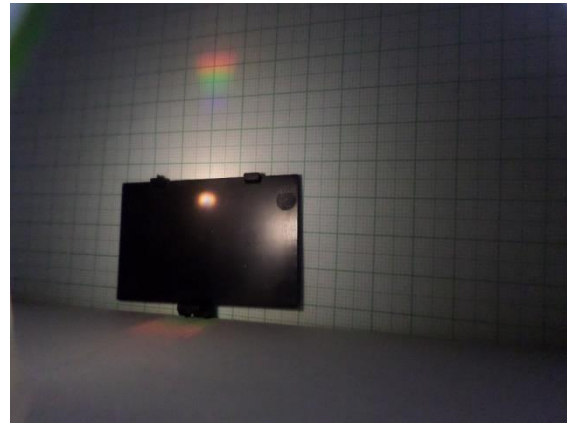


Fig 7. Patrón de difracción formado por el beta-caroteno.

Por la condición de normalización resulta la transmitancia, según $T + A = 1 \Rightarrow T = 1 - A$. Las curvas normalizadas de la transmitancia T y de la absorbancia A se presentan en la Figura 8.

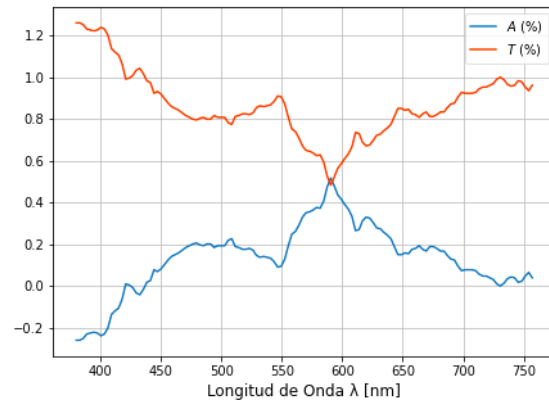


Fig 8. Transmitancia y absorbancia del beta-caroteno normalizadas.

En general los carotenos absorben la luz ultravioleta y azul, y dispersan luz naranja o roja (y en bajas concentraciones luz amarilla). En la literatura se reportan picos de absorción entre los 400 y 500 nm, de lo que se deduce que hubo algún tipo de inconsistencia en el resultado obtenido. ^{[3][4]}

Hay varios aspectos que permiten las fallas sistemáticas producidas y no garantizan la calidad de los resultados, como por ejemplo errores difícilmente evitables durante el proceso de calibración y algún autoajuste de exposición del dispositivo para tomar las imágenes, aun cuando se conservaron las condiciones de iluminación externa para impedir efectos de ruido en la señal.

IV. CONCLUSIONES

- Del perfil de las intensidades para el beta-caroteno mostrado en la Figura 5, se observa que la intensidad de la señal procesada para el líquido no supera a las otras intensidades, pero es posible que el análisis espectral de esta sustancia requiera de otros métodos o una instrumentación más optimizada, en comparación con las herramientas básicas que se utilizaron para elaborar el presente trabajo.
- La transmitancia puede variar con el espesor de una muestra, pero ambas magnitudes (la transmitancia y la absorbancia), dependen de la concentración de la sustancia analizada. Estos parámetros, junto a la magnitud de la reflectancia, también se deberían considerar en un modelo optimizado con el propósito de obtener mejores resultados.

REFERENCIAS.

- [1] UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales (2020). *Espectrofotometría*, [en línea]. Disponible en: <https://bit.ly/3n3ffHV>. [2020, 05 de diciembre].
- [2] REDALYC, Red de Revistas Científicas (2020). *Complejidad de las mezclas sustractivas y su predicción a partir del análisis espectral*, [en línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/920/92022427009.pdf>. [2020, 06 de diciembre].
- [3] WIKIPEDIA, (2020). *Beta-caroteno* [en línea]. Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Beta-caroteno>. [2020, 07 de diciembre].
- [4] M. E. UNIVERSITY OF BRISTOL, School of Chemistry (2020). *Beta-carotene Colourings*, [en línea]. Disponible en: http://www.chm.bris.ac.uk/motm/carotene/beta-carotene_colourings.html. [2020, 08 de diciembre].