

**Universidad Nacional Autónoma de México**

FACULTAD DE CIENCIAS

**PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES**

**PRÁCTICA 6**  
**REPRESENTACION DEL COLOR**

*11 de diciembre de 2023*

PROFESORA:

Dra. María Elena Martínez Pérez

AYUDANTE:

Miguel Angel Veloz Lucas

ALUMNA:

Janet Illescas Coria

---

## Objetivo

- Realizar el realce de la imagen en color haciendo uso de los modelos de color (RGB-HSI).
- Implementar la representación de imágenes en pseudocolor mediante la técnica de rebanado de intensidad.

## Introducción

El uso de color en el procesamiento digital de imágenes está motivado principalmente por dos factores:

- El color es un descriptor poderoso que generalmente simplifica la identificación de objetos y su extracción de una escena.
- Los humanos podemos discernir cientos de colores, sombras e intensidades, comparado con tan sólo un par de decenas de tonos de gris. Este factor es de particular importancia en el análisis de imágenes manual (como el que hacemos los humanos).

El procesamiento digital de imágenes en color está dividido en dos áreas principales:

1. Color total (full-color): las imágenes típicamente se adquieren con un sensor de color total, como una cámara de televisión a color, una cámara CCD a color o un escáner a color.
2. Pseudocolor: el problema consiste en asignar un color a un tono de gris en particular o a un rango de intensidades en particular.

### ■ Modelos de color.

El propósito de los modelos de color (los también llamados espacios de color o sistemas de color) es el de facilitar la especificación de los colores utilizando algún estándar.

En esencia, un modelo de color es una especificación de un sistema coordinado y de un subespacio, dentro de ese sistema, donde cada color puede ser representado por un sólo punto.

La mayoría de los modelos de color hoy en día están orientados ya sea al hardware (como monitores a color o impresoras) o a alguna aplicación donde el objetivo es la manipulación del color (como la creación de gráficas a color para animaciones).

En términos de procesamiento de imágenes, los modelos orientados al hardware más comúnmente utilizados en la práctica son el modelo RGB (rojo, verde, azul) modelo para monitores a color y para una gran variedad de cámaras de video en color; el CMY (cyan, magenta, amarillo) y el CMYK (cyan, magenta, amarillo, negro), modelos para impresoras en color; y el HSI (brillo (hue), saturación, intensidad) que corresponde al modelo más cercano a la manera en que los humanos percibimos el color.

Conversión RGB a HSI:

Dada una imagen de color RGB, el componente H se calcula como:

$$H = \begin{cases} \theta & \text{si } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{si } B > G \end{cases}$$

---

donde

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{1/2[(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$

El componente de saturación, S:

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)]$$

El componente de intensidad, I:

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

---

Se asume que los valores de RGB están normalizados en el rango  $[0, 1]$  y que el ángulo  $\theta$  se mide respecto al eje rojo del espacio HSI.

Conversion HSI a RGB:

Dados HSI ahora queremos encontrar los componentes RGB. Las ecuaciones a utilizar dependen del valor del ángulo H. Existen tres sectores de interés correspondientes a los intervalos de  $120^\circ$  de separación entre los colores primarios.

1. Sector RG ( $0^\circ \leq H < 120^\circ$ ):

$$B = I(1 - S)$$

$$R = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = 3I - (R + B)$$

2. Sector GB ( $120^\circ \leq H < 240^\circ$ ): Si H está en este sector primero le restamos  $120^\circ$ :  $H = H - 120^\circ$

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$B = 3I - (R + G)$$

3. Sector RB ( $240^\circ \leq H \leq 360^\circ$ ): Si H está en este sector primero le restamos  $240^\circ$ :  $H = H - 240^\circ$

$$G = I(1 - S)$$

$$B = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$R = 3I - (G + B)$$

- **Pseudocolor.** El pseudocolor (también llamado falso color) consiste en asignar colores a valores de gris de una imagen monocromática siguiendo algún criterio en específico. La aplicación principal es para la visualización humana y para la interpretación de los eventos que ocurren en escenas en escalas de gris. Como mencionamos antes el ser humano puede distinguir más colores que tonalidades de gris.

La técnica de rebanado de intensidad (también llamada rebanado de densidad) y codificación del color es uno de los ejemplos más simples del proceso de imagen en pseudocolor. Si la imagen es interpretada como una función 3D (intensidad contra el espacio coordenado), el método puede verse como si pusieramos planos paralelos al plano coordenado de la imagen, cada plano “rebana” a la función intensidad en el área de intersección.

En general la técnica puede resumirse como sigue: Sea la escala de gris  $[0, L - 1]$ , sea el nivel  $l_0$  representado por el negro  $[f(x, y) = 0]$ , y sea el nivel  $l_{L-1}$  representado por el blanco  $[f(x, y) = L - 1]$ . Suponga que se definen  $P$  planos perpendiculares al eje de intensidad en los niveles  $l_1, l_2, \dots, l_P$ . Suponiendo que  $0 < P < L - 1$ , los  $P$  planos parten la escala de grises en  $P + 1$  intervalos  $V_1, V_2, \dots, V_P + 1$ . La asignación de color a los niveles de gris se hacen acorde a la relación:

$$f(x, y) = c_k \quad \text{si} \quad f(x, y) \in V_k$$

donde  $c_k$  es el color asociado con el  $k$ -ésimo intervalo de intensidad  $V_k$  definido por la partición de los planos en  $l = k - 1$  y  $l = k$ .

## Desarrollo

Resuelve los problemas de la lista siguiente y describe tu solución en cada inciso. Los incisos en donde únicamente tengas que desplegar imágenes no requieren de ninguna descripción.

1. Realiza el realce de la imagen flowers2 de la siguiente manera. Convierte la imagen de RGB a modelo HSI. Toma la banda I, ecualízala y regresa al modelo RGB.

Para pasar del modelo RGB a HSI, utilizamos la función `rgb_hsi()` donde normalizamos todos los valores para trabajar con números del 0 al 255, obtenemos los 3 canales (r, g, b).

Calculamos el tono (hue) en base a la función

$$H = \begin{cases} \theta & \text{si } B \leq G \\ 360 - \theta & \text{si } B > G \end{cases}$$

$$\theta = \cos^{-1} \left\{ \frac{1/2[(R - G) + (R - B)]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{1/2}} \right\}$$

pero consideramos sumar a la parte del denominador un épsilon para no caer en el caso de una división entre 0. También es importante mencionar que al necesitar trabajar en grados, hacemos la conversión a grados del tono y al finalizar dividimos entre 360 para trabajar de nuevo con un rango de 0 a 1.

Calculamos al saturación con la función:

---


$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)}[\min(R, G, B)]$$

donde también consideramos sumar épsilon al divisor.

Y finalmente calculamos la intensidad con la función

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

Se regresa la combinación de los componentes calculados I (intensidad), S (saturación), H (tono). Se utiliza ese orden ya que es que maneja la función que utilizamos para abrir la imagen.

Para ecualizar la banda I utilizamos la función `ecualizacion_i()`, que recibe la imagen HSI, selecciona la banda correspondiente a la intensidad, la multiplicamos por 255 para tener un rango de 0 a 255 utilizado para obtener su histograma, calculamos la distribución acumulativa del histograma y la normalizamos. Finalmente escalamos de nuevo los valores de 0 a 255 y redondeamos su valor, reemplazando este resultado en la banda de intensidad de la imagen HSI y regresándola.

Para pasar del modelo HSI a RGB utilizamos la función `hsi_rgb()` que recibe la imagen HSI con la banda I ecualizada. Esta función obtiene los 3 bandas (i, s, h), crea un arreglo vacío para cada canal (r, g, b), recorreremos cada uno de los píxeles de la imagen para aplicar las funciones correspondientes a cada sector:

a) Sector RG ( $0^\circ \leq H < 120^\circ$ ):

$$B = I(1 - S)$$

$$R = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$G = 3I - (R + B)$$

b) Sector GB ( $120^\circ \leq H < 240^\circ$ ): Si H está en este sector primero le restamos  $120^\circ$ :  $H = H - 120^\circ$

$$R = I(1 - S)$$

$$G = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

$$B = 3I - (R + G)$$

c) Sector RG ( $240^\circ \leq H \leq 360^\circ$ ): Si H está en este sector primero le restamos  $240^\circ$ :  $H = H - 240^\circ$

$$G = I(1 - S)$$

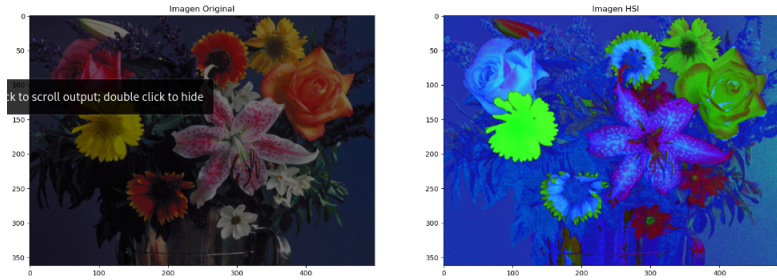
$$B = I \left[ 1 + \frac{S \cos H}{\cos(60^\circ - H)} \right]$$

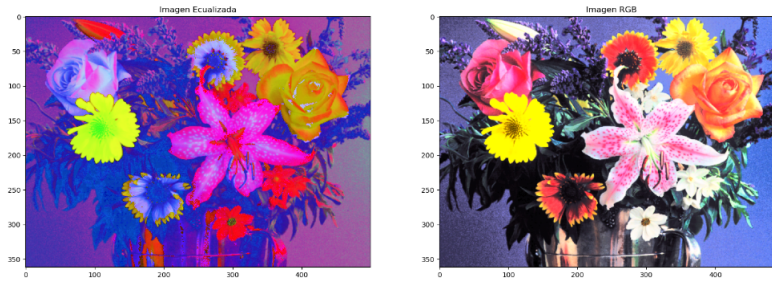
$$R = 3I - (G + B)$$

Es importante mencionar que en esta sección fue necesario convertir a radianes el tono para realizar las operaciones.

Y finalmente regresa la combinación de los componentes R (rojo), G (verde) y B (azul). Con clip nos aseguramos de conservar el rango de 0 a 1.

Como resultado de lo anterior obtuvimos las siguientes imágenes:

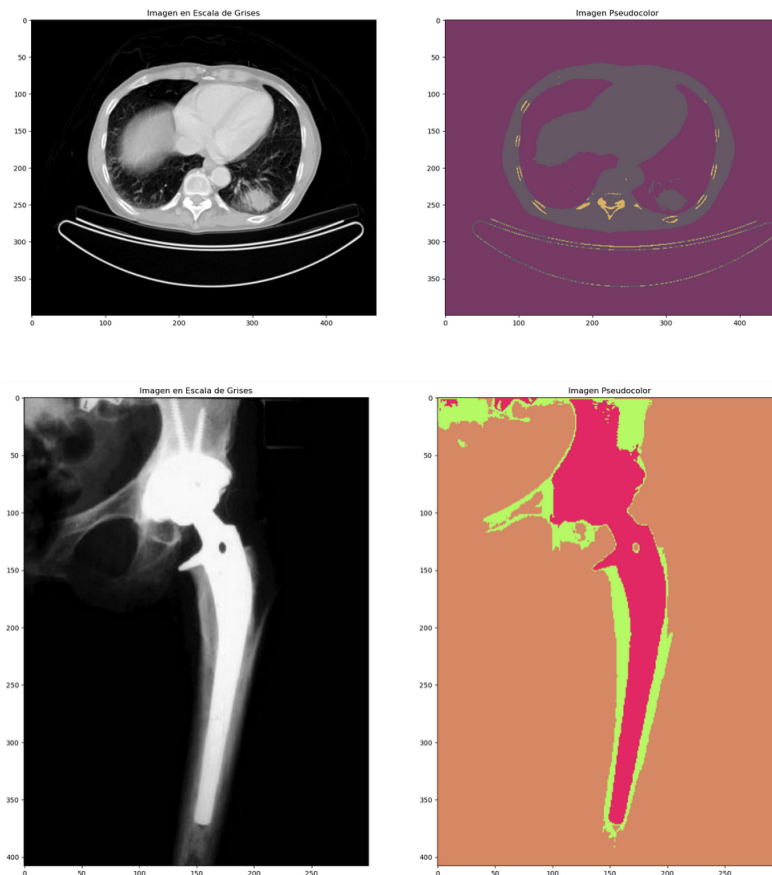




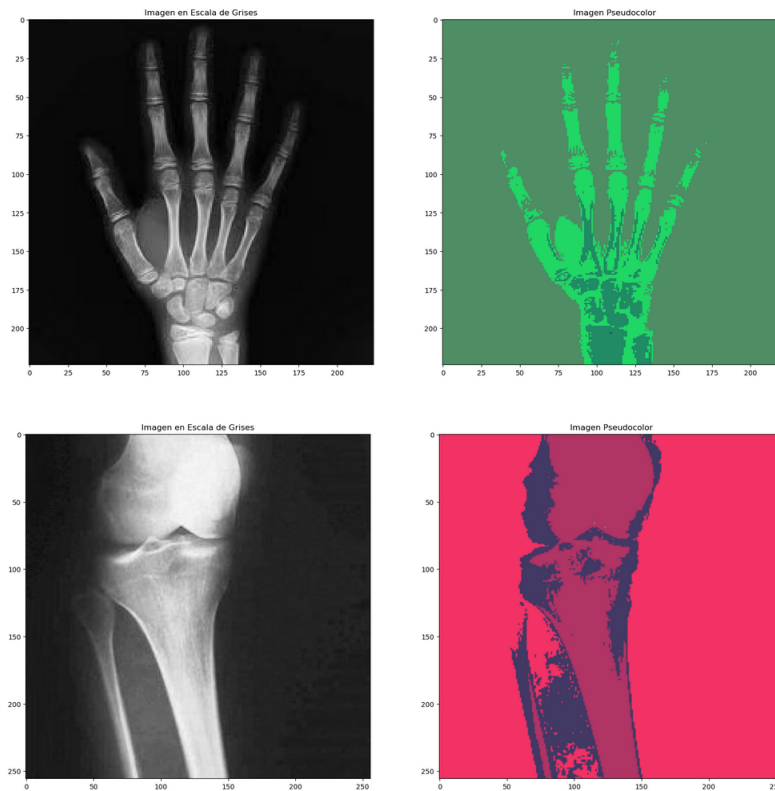
2. Toma las imágenes propuestas que están en escala de grises. Representa cada una de ellas en pseudocolor utilizando el método de rebanado de intensidad. Haz que tu función pueda recibir como parámetro la imagen y el número de niveles de color a representar.

Para representar imágenes con pseudocolor utilizamos la función `pseudocolor()` que recibe una la imagen a representar y el numero de colores que se desean utilizar. Si nuestra imagen es a color la convertimos a escala de grises con la función `rgb2gray`, normalizamos la imagen, creamos un arreglo vacío donde almacenaremos la nueva representación, creamos  $n$  colores con la función `colores()` (genera  $n$  colores a partir de valores aleatorios en los canales R y G, manteniendo el valor 100 para B). Con lo anterior asignamos a cada píxel un índice (bin) basado en la intensidad normalizada con ayuda de la función `np.digitize`. Finalmente con estos índices obtenemos el color correspondiente a cada pixel y regresamos la imagen.

Aplicando esta función a cada una de las imágenes dadas para esta practica obtenemos:







## Conclusiones

Esta practica presento una nueva forma de ver y tratar las imágenes a como veníamos haciendo en todas las practicas pasadas al involucrar el factor color. Costo un poco adaptarse, sin embargo al final dedicándole mas tiempo pude comprender mejor todo el proceso.

De forma general, pudimos notar el claro efecto del tratamiento del color al cambiar de un modelo RGB al modelo HSI para mejorar la intensidad de la imagen. Notamos que nos permitió, de forma simple, tratar las imágenes y mejorarlas de acuerdo a como los humanos percibimos los colores, pero también se pudo apreciar la importancia de convertir nuevamente al modelo RGB que es con el que nuestro hardware trabaja para presentarnos los colores y poder observar el resultado completo.

Este cambio se logro con el proceso de ecualización del histograma en la banda de intensidad, el cual podemos concluir, también por practicas pasadas, que nos sirve para mejorar el contraste de las imágenes en el rango de las intensidades.

Por otro lado, aplicar pseudocolor de acuerdo a ciertos rangos (cortes) de intensidad nos puede permitir obtener mas información de las imágenes que no se ven a simple vista gracias al contraste de colores o simplemente resaltar las características que pueden resultar relevantes y mas fáciles de identificar con esta técnica.

## Referencias

1. Gonzalez, R., Woods, R., Digital Image Processing, Prentice Hall, Second edition, 2002.

