

Procesamiento Digital de Imágenes

Unidad II: Procesamiento de imágenes en color

Departamento de Informática - FICH
Universidad Nacional del Litoral

9 de abril de 2018

FICH

UNL

Temas a desarrollar

- Fundamentos del color.
- Modelos de color: RGB, CMY/CMYK y HSI.
- Conversiones de los modelos de color.
- Procesamiento de imágenes en pseudocolor.
- Procesamiento a todo color.

Fundamentos del color

- Importancia del color en PDI:
 - Descriptor útil para segmentación automática.
 - Capacidad del ojo humano para distinguir miles de colores e intensidades comparado con los 20-30 niveles de gris.
- Dos formas de trabajo:
 - Pseudocolor: imágenes monocromas coloreadas a través de la asignación de un color a una intensidad de gris.
 - Color: imágenes adquiridas con un sensor de color o multiespectral.

Fundamentos del color

- Caracterización de la luz:
 - Luz acromática (sin color): intensidad como único atributo. Nivel de gris: medida escalar de intensidad.
 - Luz cromática: posee dispersión de energía desde los 400 a los 700 nm aprox.
- Parámetros que describen la calidad de la fuente lumínica cromática:
 - **Radiancia**: cantidad total de energía que sale de la fuente (Watts [W]).
 - **Luminancia**: cantidad de energía procedente de la fuente que *percibe* un observador (Lumens, [lm]). Ej: fuente infrarroja (\uparrow R, \downarrow L).
 - **Brillo**: descriptor subjetivo (noción de intensidad). Ej: azul y verde de igual intensidad.

Fundamentos del color

- Colores **primarios de luz** (modelo aditivo): rojo=700nm, verde=546.1 y azul=435.8nm. Estándar fijado en 1931, antes de la obtención de las curvas (1965).
- Colores secundarios: cyan, magenta y amarillo. Formados por la suma de colores primarios.
- Colores **primarios de pigmento**: aquellos que absorben un color primario de luz y reflejan los restantes (modelo sustractivo). Pigmentos primarios: amarillo, magenta y cyan.



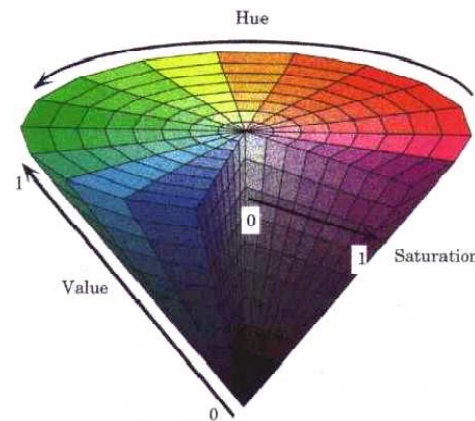
Mezcla aditiva



Mezcla sustractiva

Fundamentos del color

- Características del color:
 - Brillo: noción acromática de intensidad.
 - Tono (*hue*): λ dominante en la onda percibida ("color" del objeto).
 - Saturación: pureza relativa del color. Inversamente proporcional a la mezcla de luz blanca.
Ej: rojo, verde y azul: completamente saturados. Rosado, lavanda y verde manzana: menos saturados.
- Cromaticidad: tono y saturación.

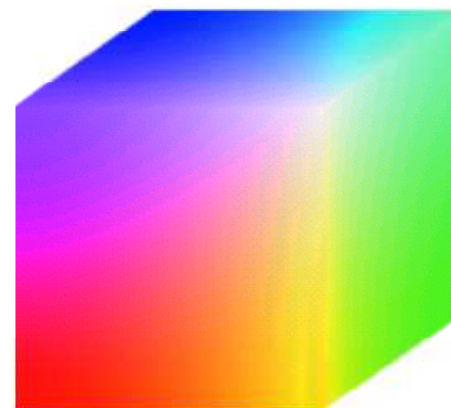
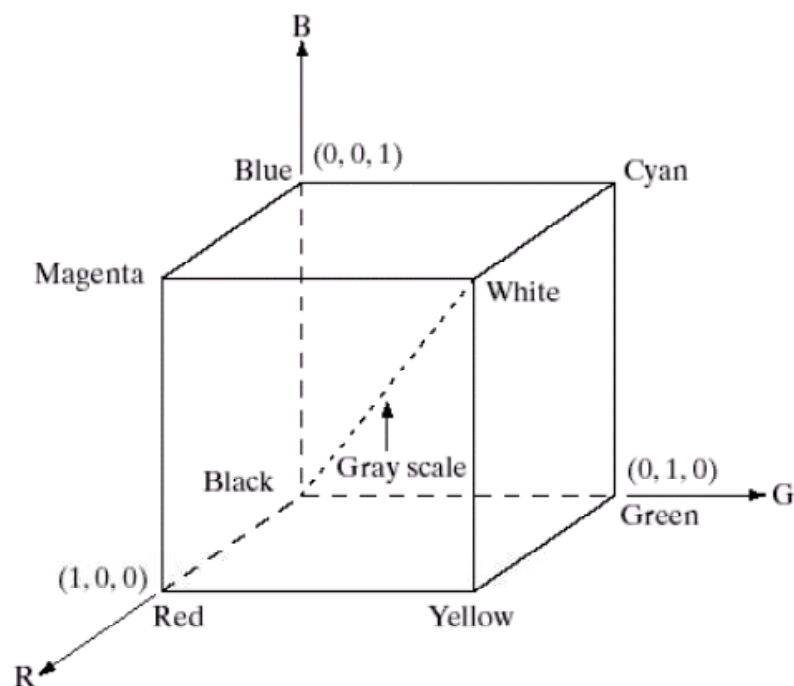


Modelos de color

- Modelos (o espacios) de color: estándares de especificación de colores.
- Especifican un sistema de coordenadas 3D y un subespacio en el cual queda definido cualquier color como un punto único.
- Surgen con el hardware: modelos para monitores, impresoras, etc.; o con el software: modelos para PDI, computación gráfica, animación.
- Modelos de color:
 - RGB (red-green-blue): monitores color y cámaras de video.
 - CMY (cyan-magenta-yellow) y CMYK (cyan-magenta-yellow-black): impresoras.
 - HSI (hue-saturation-intensity) y HSV (hue-saturation-value): basados en la interpretación humana del color.
 - Otros: $L^*a^*b^*$, YIQ, YCbCr,...

Modelo RGB

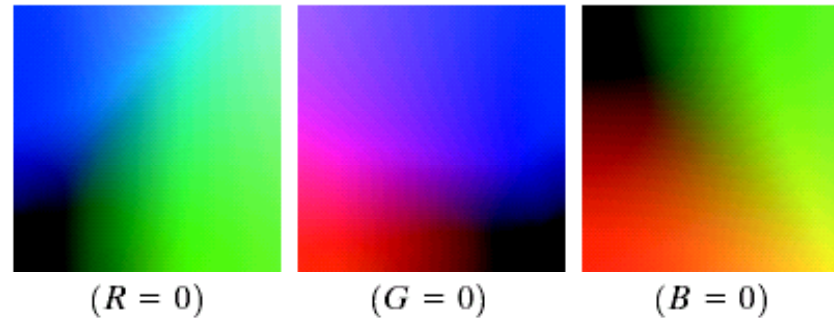
- Cada color es combinación de los colores primarios.
- Sistema de coordenadas cartesiano, con subespacio igual al cubo normalizado $[0, 1]$.



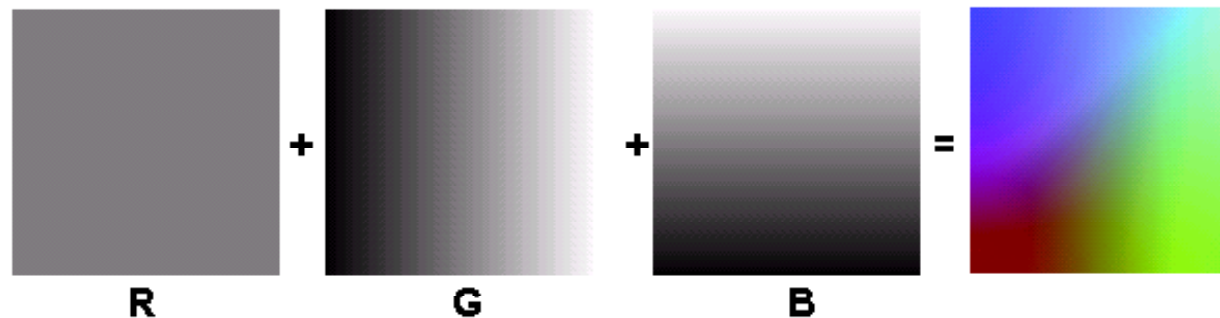
- Profundidad de color: $3 \times b$. Con $b = 8$: imagen de 24 bits (16M colores).

Modelo RGB

- Caras ocultas del cubo:



- La imagen se forma a partir de 3 planos independientes, uno para cada color primario:



Modelos CMY y CMYK

- CMY: colores primarios de pigmentos.
- Los dispositivos de impresión que utilizan pigmentos necesitan valores CMY de entrada, por lo que deben utilizar la conversión:

$$\begin{bmatrix} C \\ M \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

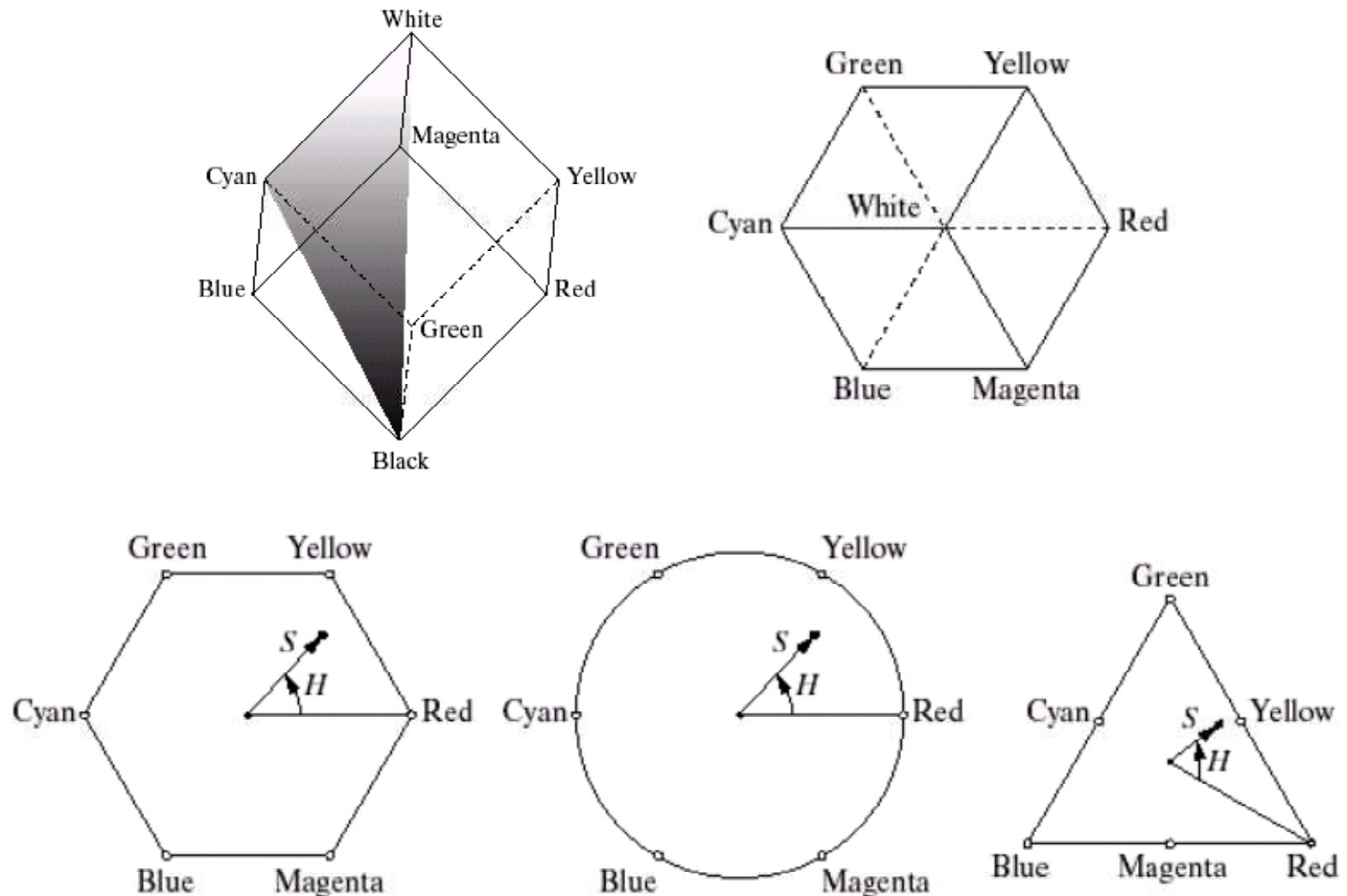
- Un pigmento cyan no refleja el componente rojo de la luz blanca, el magenta no refleja el verde y el amarillo no refleja el azul.
- Modelo CMYK: impresión en 4 colores, donde el negro se agrega al modelo para evitar generarlo mediante suma de pigmentos primarios.

Modelos HSI y HSV

- HSV: tono-saturación-valor. HSI: tono-saturación- intensidad.
- Surge como necesidad de especificar un color en forma *humana*.
- En los modelos RGB y CMYK la sensación de color está acoplada al brillo, por lo que resultan útiles en *generación* de colores.
- Ventaja del HSV: desacopla la información de crominancia (H, S) de la luminancia (V).
- Aplicaciones en algoritmos basados en descripción natural de colores. Ej: verificación automática de madurez de frutas, inspección del acabado de productos, etc.

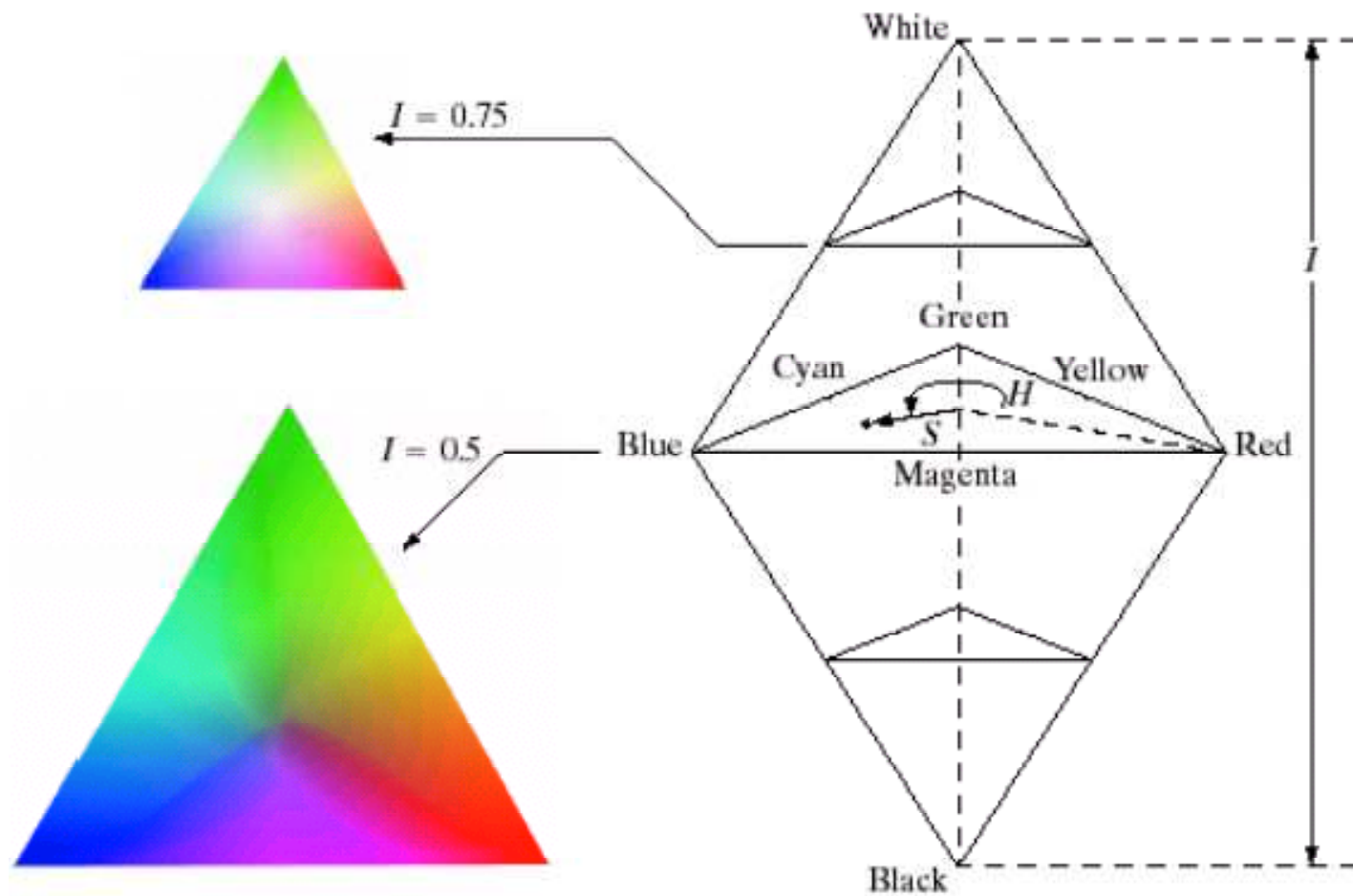
Modelo HSI

- Concepto del sistema de coordenadas y subespacio:



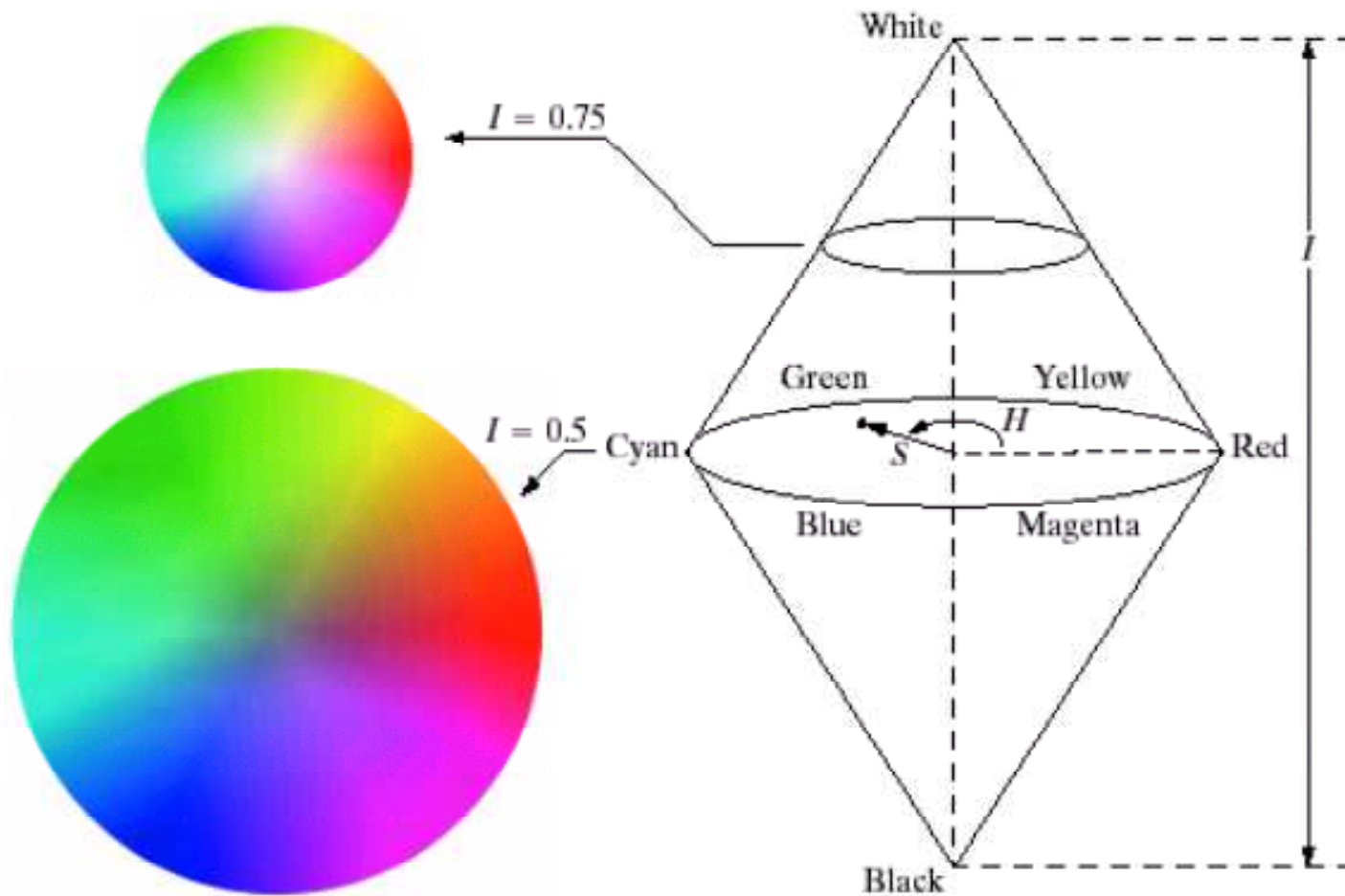
Modelo HSI

- Espacio HSI:



Modelo HSI

- Espacio HSI:



Modelo HSI

- Conversión RGB a HSI:

- Tonalidad:

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

donde

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

- Saturación:

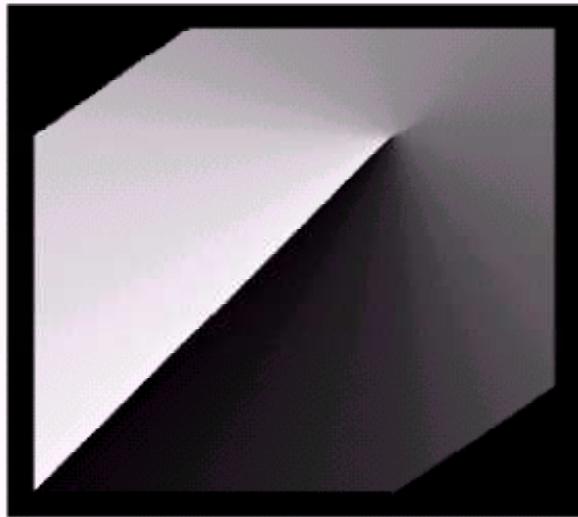
$$S = 1 - \frac{3}{R + G + B} [\min(R, G, B)]$$

- Intensidad:

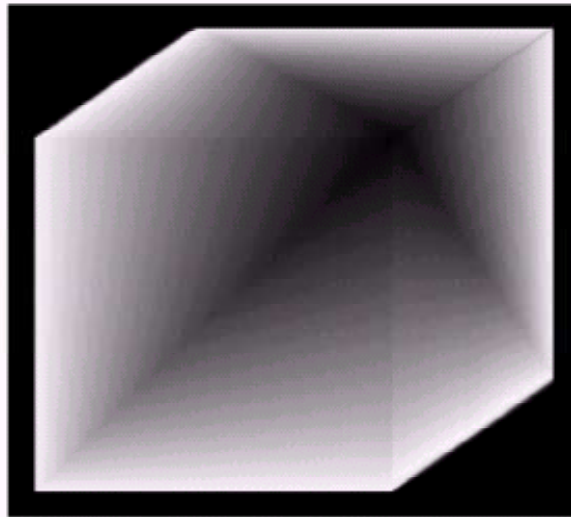
$$I = \frac{1}{3}(R + G + B)$$

Modelo HSI

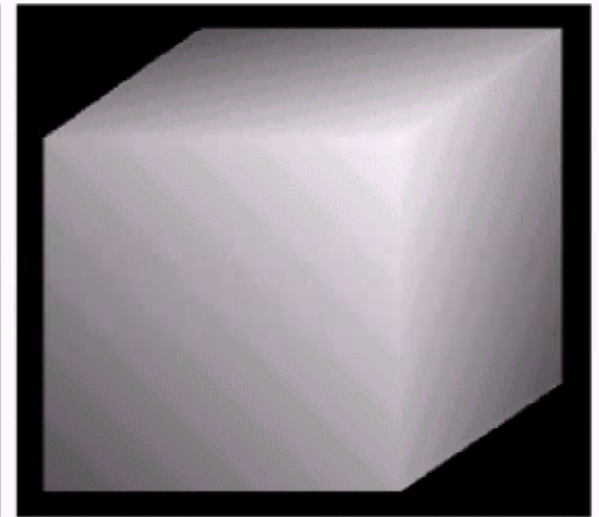
- Conversión HSI a RGB: revisar fórmulas en el texto.
- Cubo RGB convertido a HSI:



Tonalidad



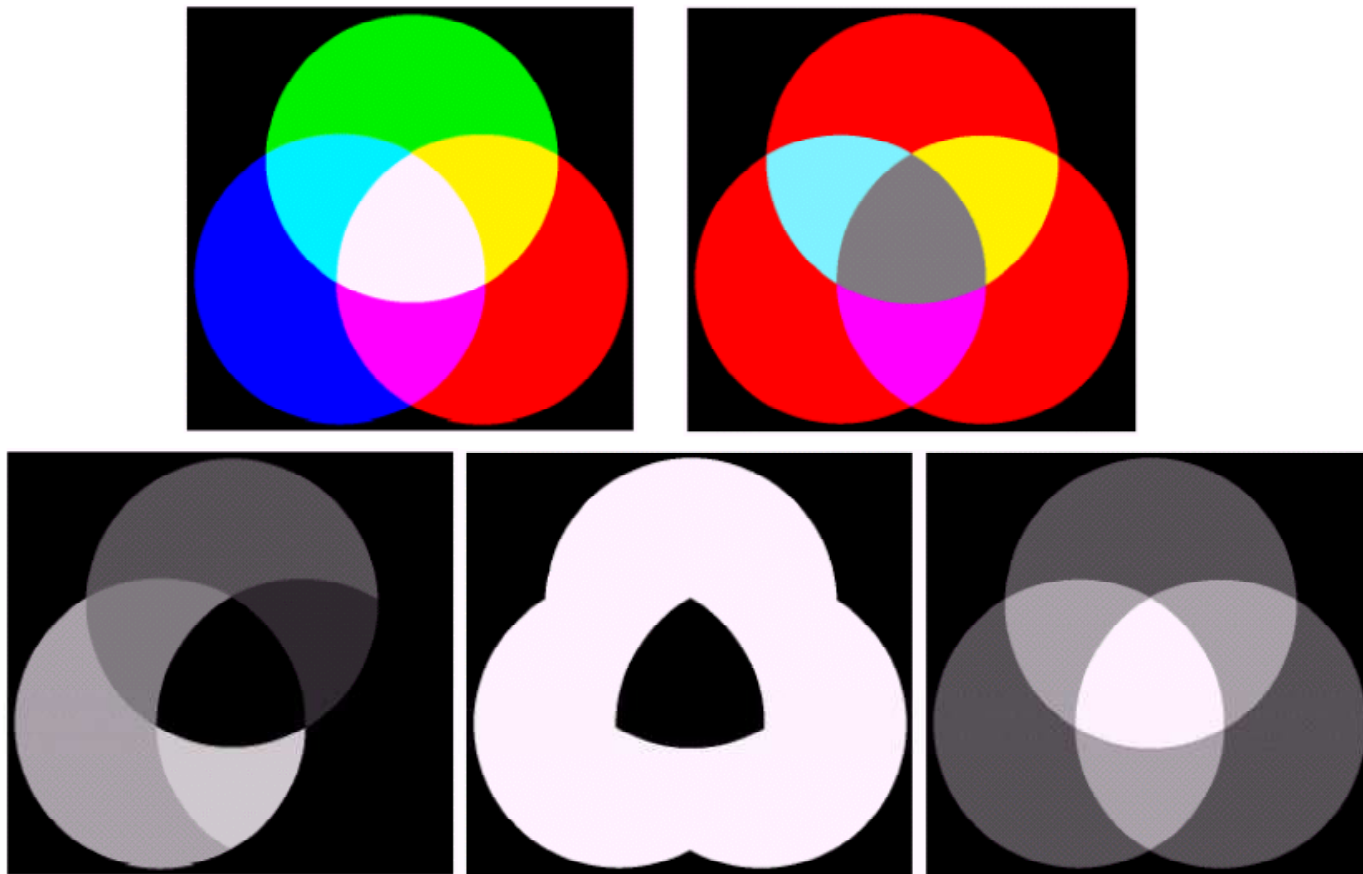
Saturación



Intensidad

Modelo HSI

- Manipulación de componentes HSI:



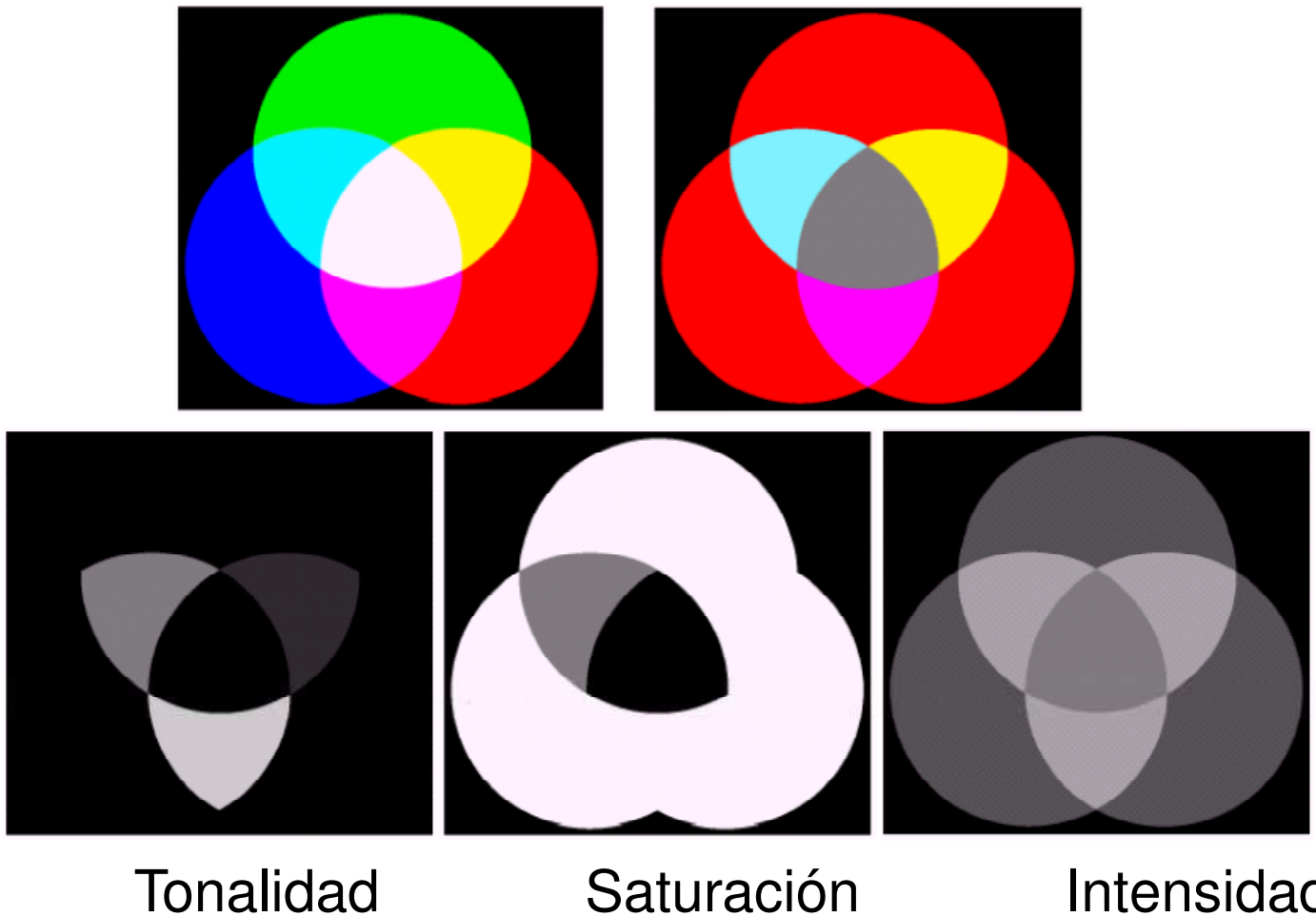
Tonalidad

Saturación

Intensidad

Modelo HSI

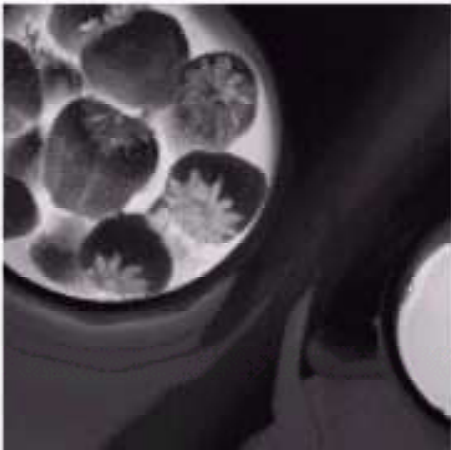
- Manipulación de componentes HSI:



Comparación de modelos



Full color



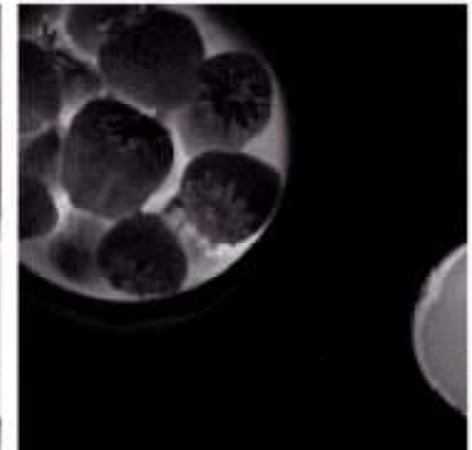
Cyan



Magenta



Yellow



Black

Comparación de modelos



Full color



Red



Green

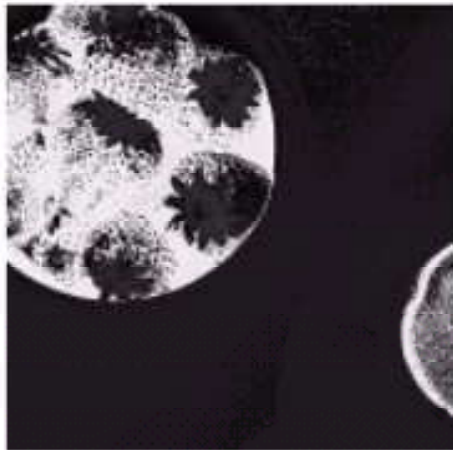


Blue

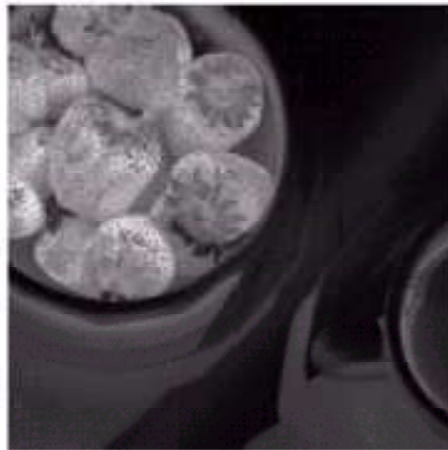
Comparación de modelos



Full color



Hue



Saturation



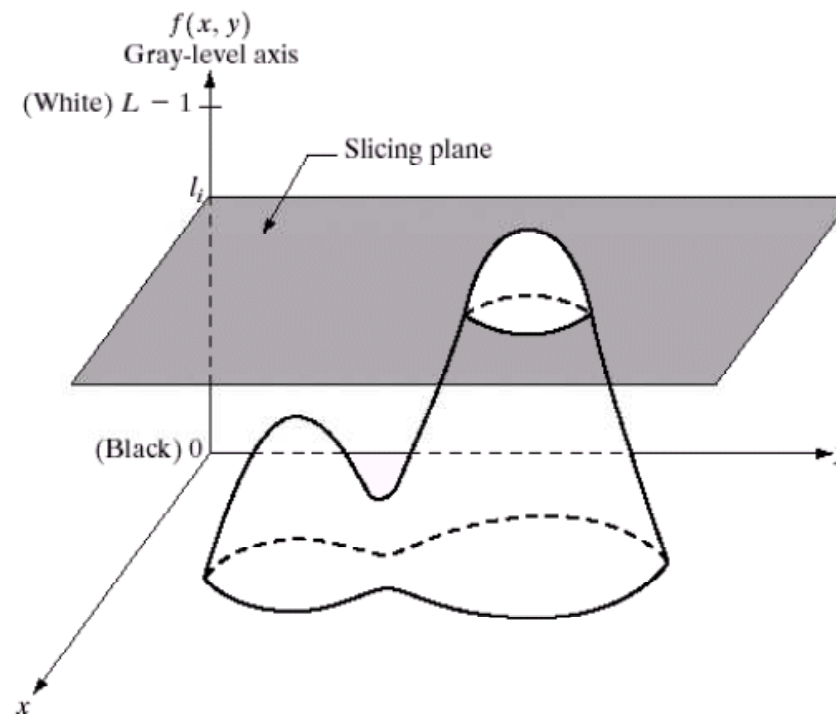
Intensity

PDI en pseudocolor

- Asignación de colores a imágenes monocromas, según propiedades del contenido de grises de la imagen.
- Aplicación en visualización e interpretación humana.
- Diversidad de transformaciones para coloración falsa. Ej: diferentes técnicas de realce sobre la misma imagen resaltan detalles diferentes y los codifican a color apropiadamente.
- Técnicas de coloración:
 - Rodajas de intensidad.
 - Transformación del nivel de gris a color.

Rodajas de intensidad

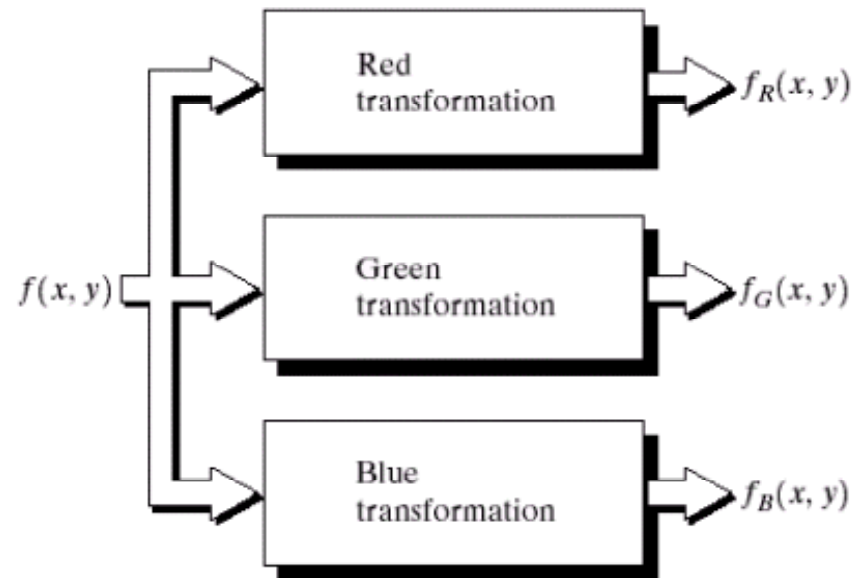
- Trata a una imagen monocroma como una función 3D: intensidad en función de las coordenadas espaciales.
- Colocación de un plano paralelo al plano de coordenadas, asignando colores diferentes a cada lado (binarización de color).



- Extensión a p planos.

Transformación grises a color

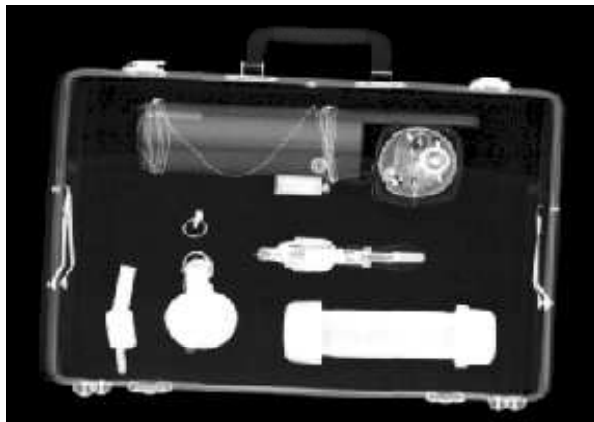
- Aplicación de tres transformaciones independientes a los grises de la imagen.



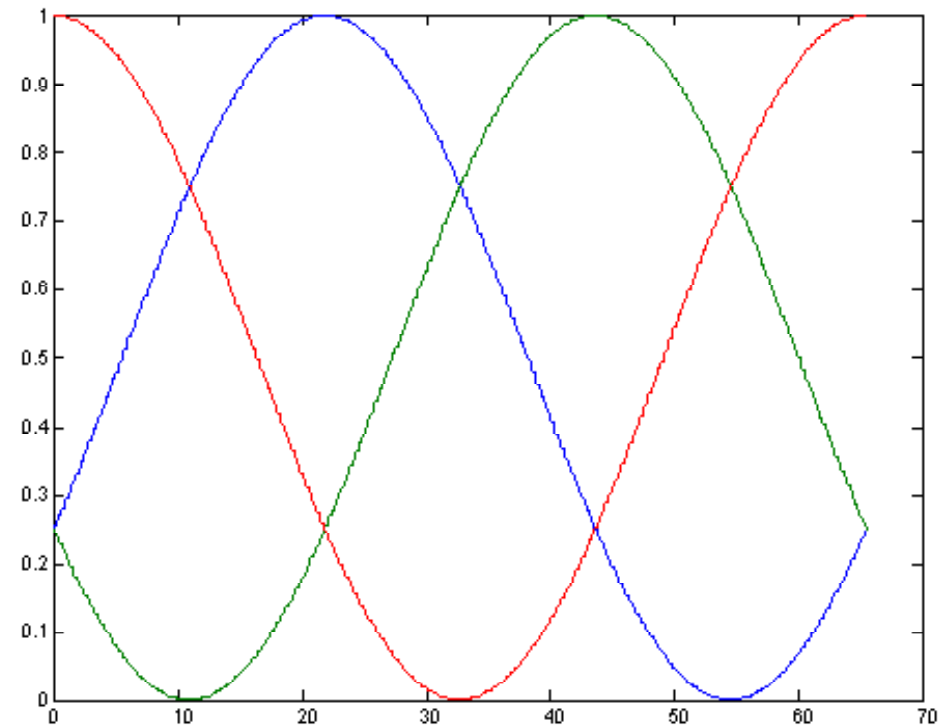
- Las salidas se inyectan a los canales R, G y B.
- Técnica utilizada por la flexibilidad de la definición de las funciones.

Transformación grises a color

- Ejemplo de RX en control de equipaje:



Original



Transformaciones

Transformación grises a color

- Ejemplo de RX en control de equipaje:



Rainbow de 1 ciclo



Rainbow de 2 ciclos

Procesamiento a todo color

- Clasificación de los procesos de imágenes a todo color:
 - Procesamiento de cada componente de la imagen de manera individual. Utilización de técnicas estudiadas para imágenes monocromas.
 - Procesamiento directo de los píxeles. Tratamiento de vectores:

$$c(x,y) = \begin{bmatrix} c_R(x,y) \\ c_G(x,y) \\ c_B(x,y) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R(x,y) \\ G(x,y) \\ B(x,y) \end{bmatrix}$$

- Para equivalencia entre aproximaciones deben satisfacer las condiciones:
 - El proceso sea aplicable a escalares y vectores.
 - La operación en cada componente del vector sea independiente de las otras componentes.

Transformaciones de color

- Concepto: procesamiento de los componentes de color de una imagen en un modelo de color particular.
- Formulación general:

$$g(x,y) = T[f(x,y)]$$

$$s_i = T_i(r_1, r_2, \dots, r_n), \text{ con } i = 1, 2, \dots, n$$

donde

r_i y s_i : componentes de color de $f(x,y)$ y $g(x,y)$ respectivamente

n : número de componentes de color

$\{T_1, T_2, \dots, T_n\}$: funciones de mapeo de color

- Cualquier transformación puede ser aplicada en cualquier modelo de color. Sin embargo, algunas T son más adecuadas para ciertos modelos; y debe tenerse en cuenta la conversión entre modelos.

Transformaciones de color

- Ejemplo: oscurecimiento de una imagen mediante

$$g(x, y) = kf(x, y), \text{ con } 0 < k < 1$$

- En el espacio RGB:

$$s_i = kr_i, \text{ con } i = 1, 2, 3$$

- En el espacio CMY:

$$s_i = kr_i + (1 - k), \text{ con } i = 1, 2, 3$$

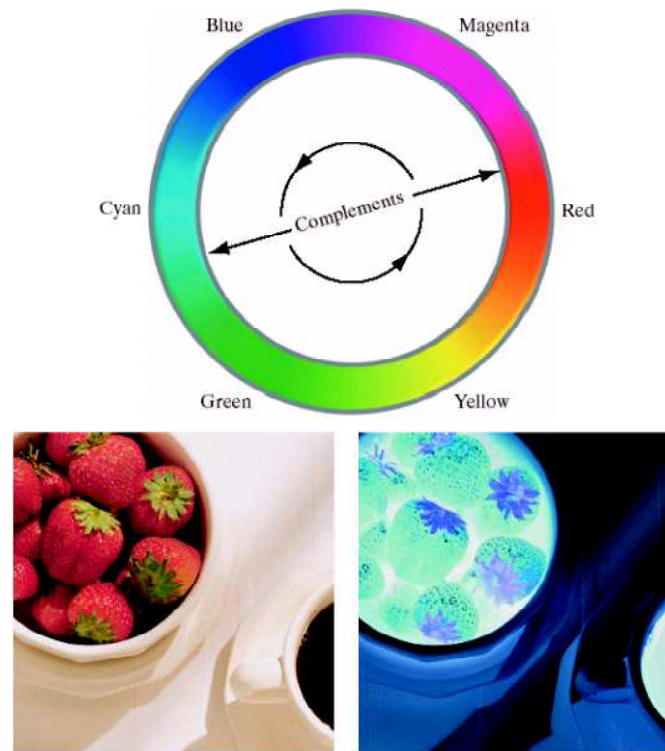
- En el espacio HSI:

$$s_3 = kr_3, \text{ con } s_1 = r_1 \text{ y } s_2 = r_2$$

- Transformación más simple en HSI, pero conversiones más complejas.

Transformaciones de color

- **Complemento de color:** análogo al negativo en imágenes en tonos de gris.
- Matices opuestos según el círculo de colores + negativo de I:



Transformaciones de color

- Rebanado de color (*color slicing*): resaltado de un rango de colores específico.
- Util para:
 - Mostrar colores de interés separados del fondo.
 - Generar una máscara con la región del color de interés.
- Mapeo de colores en un cubo de radio W centrado en \mathbf{a} :

$$s_i = \begin{cases} 0.5 & \text{si } \left[|r_j - a_j| > \frac{W}{2} \right]_{1 \leq j \leq n} \\ r_i & \text{resto} \end{cases}, i = 1, 2, \dots, n$$

- Mapeo de colores en una esfera de radio R_0 centrado en \mathbf{a} :

$$s_i = \begin{cases} 0.5 & \text{si } \sum_{j=1}^n (r_j - a_j)^2 > R_0^2 \\ r_i & \text{resto} \end{cases}, i = 1, 2, \dots, n$$

Transformaciones de color

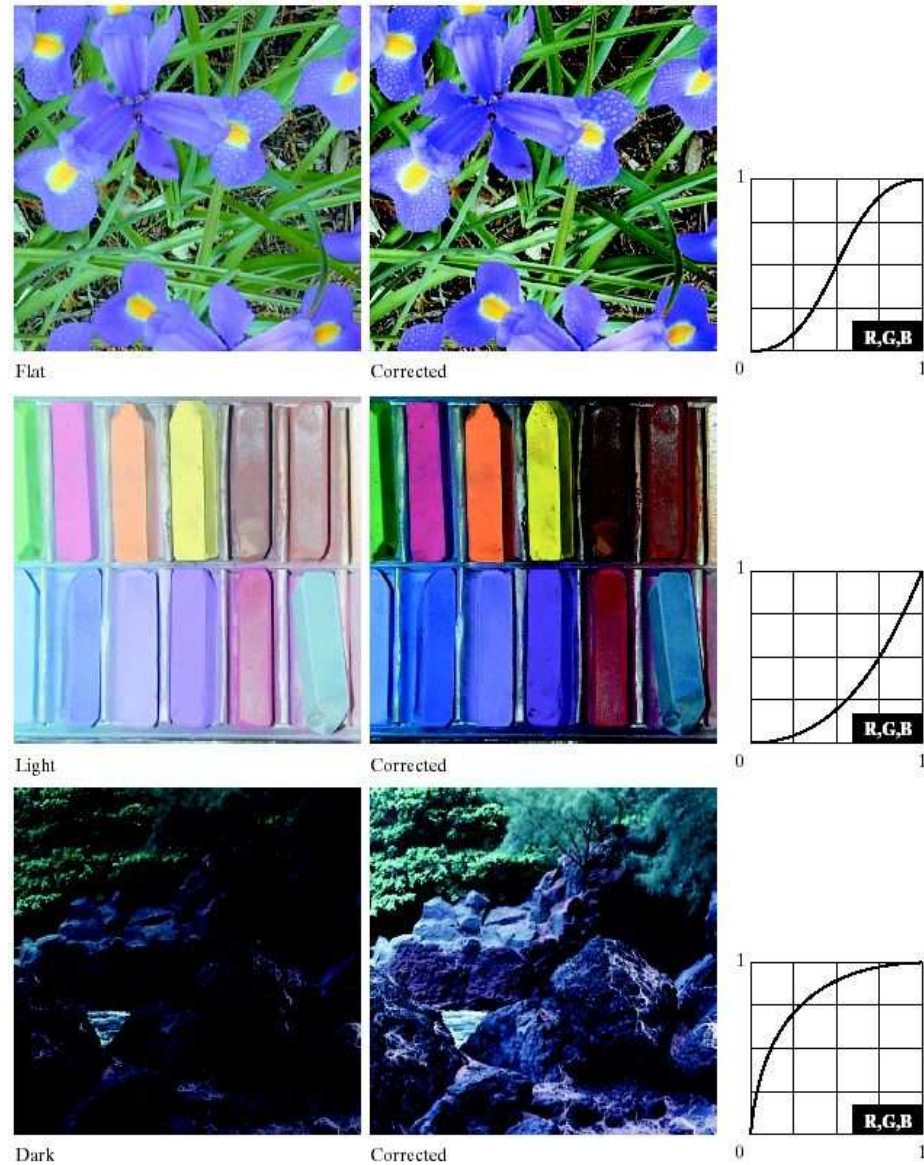
Rebanado del color en RGB:



Transformaciones de color

- Corrección de tono: ajuste del brillo y el contraste.
- Modelo RGB y CMY(K): mapeo de las tres (cuatro) componentes con la misma función.
- Modelo HSI: modificación solamente de la componente I.
- Funciones de transformación: curvas lineales por tramos o polinomios que aumentan el contraste, o varían la intensidad en forma de potencia.

Transformaciones de color



Transformaciones de color

- **Balance de colores:** ajustes de información de canales (calibración).
- La percepción de un color es afectada por los colores vecinos.
- La rueda de colores es útil en la elección de colores a cambiar.
- Formas de ajuste: para incrementar un color podemos
 - Decrementar su complementario.
 - Aumentar la proporción de los dos colores contiguos en la rueda (similar a decrementar la proporción de los dos colores contiguos al complementario).

Transformaciones de color

Manejo del rojo (incremento y decremento):



Decremento de azul + incremento de saturación + mejora de contraste en R-G-B:



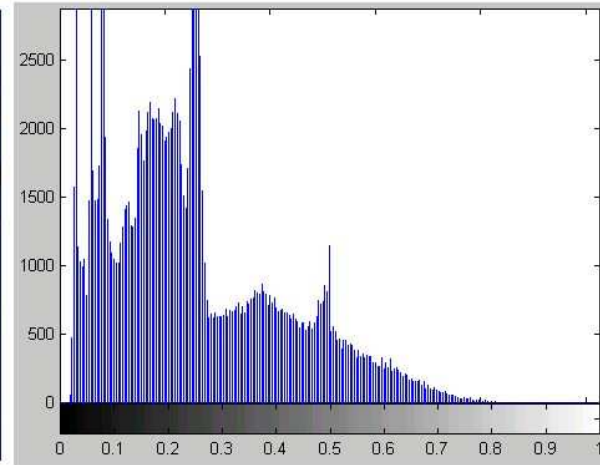
Transformaciones de color

- Manejo del histograma: operaciones de ecualización (especificación) de valores de intensidad.
- En imágenes a todo color, el manejo de las componentes por separado conduce a resultados erróneos.
- Para uniformizar valores de intensidad sin cambiar los matices, se utiliza el modelo HSI.

Transformaciones de color



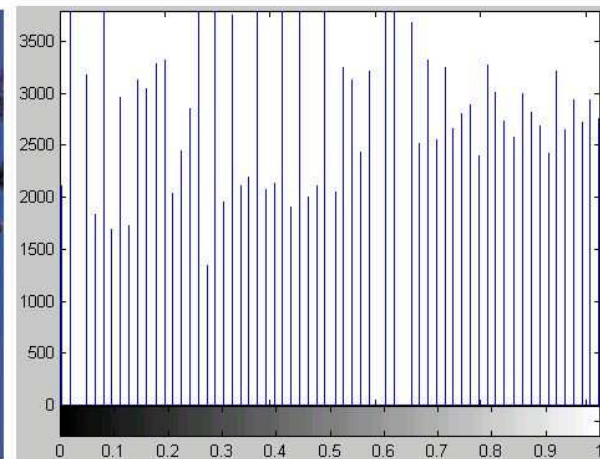
Imagen original



Histograma original de I



Imagen con ecualización de intensidad



Histograma ecualizado de I

Operaciones locales

- **Suavizado y acentuado**: extensión de las operaciones locales estudiadas para imágenes de intensidad.
- En el modelo RGB: las tres componentes se transforman mediante la aplicación convencional de una máscara.
- En el modelo HSI: aplicación de la máscara a la componente I.
- Resultados diferentes, dado que en RGB los colores se promedian, mientras que en HSI permanecen inalterados.

Operaciones locales



Original



Pasa-bajos



Pasa-altos suma 1

Fin de teoría

- Próxima teoría: Unidad III - Operaciones en el dominio frecuencial