



# Tratamiento de imágenes

## Modelos de color

Héctor Alejandro Montes  
h.a.montes@fi.uaemex.mx  
<http://fi.uaemex.mx/h.a.montes>

# Advertencia

---

No use estas diapositivas como referencia única de estudio durante este curso. La información contenida aquí es una guía para las sesiones de clase y de estudio futuro. Para obtener información más completa, refiérase a la bibliografía listada en la última diapositiva.

# Mezclas aditivas (luces) y mezclas substractivas (pigmentos)

---

- La luz que llega a un fotorreceptor puede provenir:
  - directamente de una fuente de luz
  - de una materia o material que la haya reflejado.

# Mezclas aditivas (luces) y mezclas substractivas (pigmentos)

---

- **Mezcla aditiva de luces**

- Cuando la luz llega al fotorreceptor directamente desde las diferentes fuentes de luz, estas **suman** su energía o radiación electromagnética.
- Los colores primarios son **Rojo**, **Verde** y **Azul** (RGB)
- Utilizado en Televisiones, monitores, proyectores, etc.

# Mezclas aditivas (luces) y mezclas substractivas (pigmentos)

- **Mezcla substractiva de pigmentos**
  - Cuando la luz llega al fotorreceptor después de incidir en laguna materia, parte ha sido absorbida por los pigmentos de esa materia (la la radiación electromagnética se reduce). Los distintos pigmentos **substraen** una parte de la energía.
  - Los colores primarios son **Magenta**, **Cian** y **Amarillo**
  - Utilizado en impresoras y pinturas

# Modelos de Color

---

- El color está relacionado con la caracterización de la luz.
- Usualmente nos referimos a *color* cuando tenemos ***tres filtros*** ópticos (ortogonales) en el rango del visible.
  - Esta forma de pensar en el color tiene similitud de cómo los humanos vemos (3 tipos de fotoreceptores)

# Modelos de Color

- Un ***modelo de color*** es una abstracción matemática que describe una forma de representar los colores.
- Los colores son vectores donde cada valor es la respuesta de un filtro y se le conoce como ***componente***.

# Modelos de Color

---

- Algunos de los modelos de color más usados comparten esta idea del color tridimensional
- Sin embargo, hay modelos de coloración (este término es más general que el de modelos de color) que no están definidos sobre tres valores.



# Modelos de Color

---

- Vamos a discutir cuatro modelos estándares:
  - Espacio de color CIE 1931
  - RGB (Red-Green-Blue)
  - CMY/CMYK (Cyan-Magenta-Yellow-Black)
  - HSI (Hue-Saturation-Intensity)

# Modelos de Color

---

- Otros modelos importantes incluyen:
  - HSV
  - HSL
  - YIQ/YUV
  - xvYCC
  - Sistema de color Munsell
  - NCS
  - RGK

# Espacio de color CIE 1931

- La comisión internacional de iluminación CIE (*Commission Internationale de l'Eclairage*) es el organismo internacional para describir estándares de luz, iluminación, colores y espacio de colores.
  - <http://www.cie.co.at/cie/>
- En 1931 publicaron el espacio de colores CIE XYZ o CIE 1931 que es la base para otros modelos de color

# Espacio de color CIE 1931

---

- El espacio de color de la CIE está basado en la percepción humana promedio.
- El ojo humano tiene tres tipos de fotorreceptores, de forma que se necesita un espacio tridimensional para representar todos los colores posibles.

# Espacio de color CIE 1931

Filtros CIE

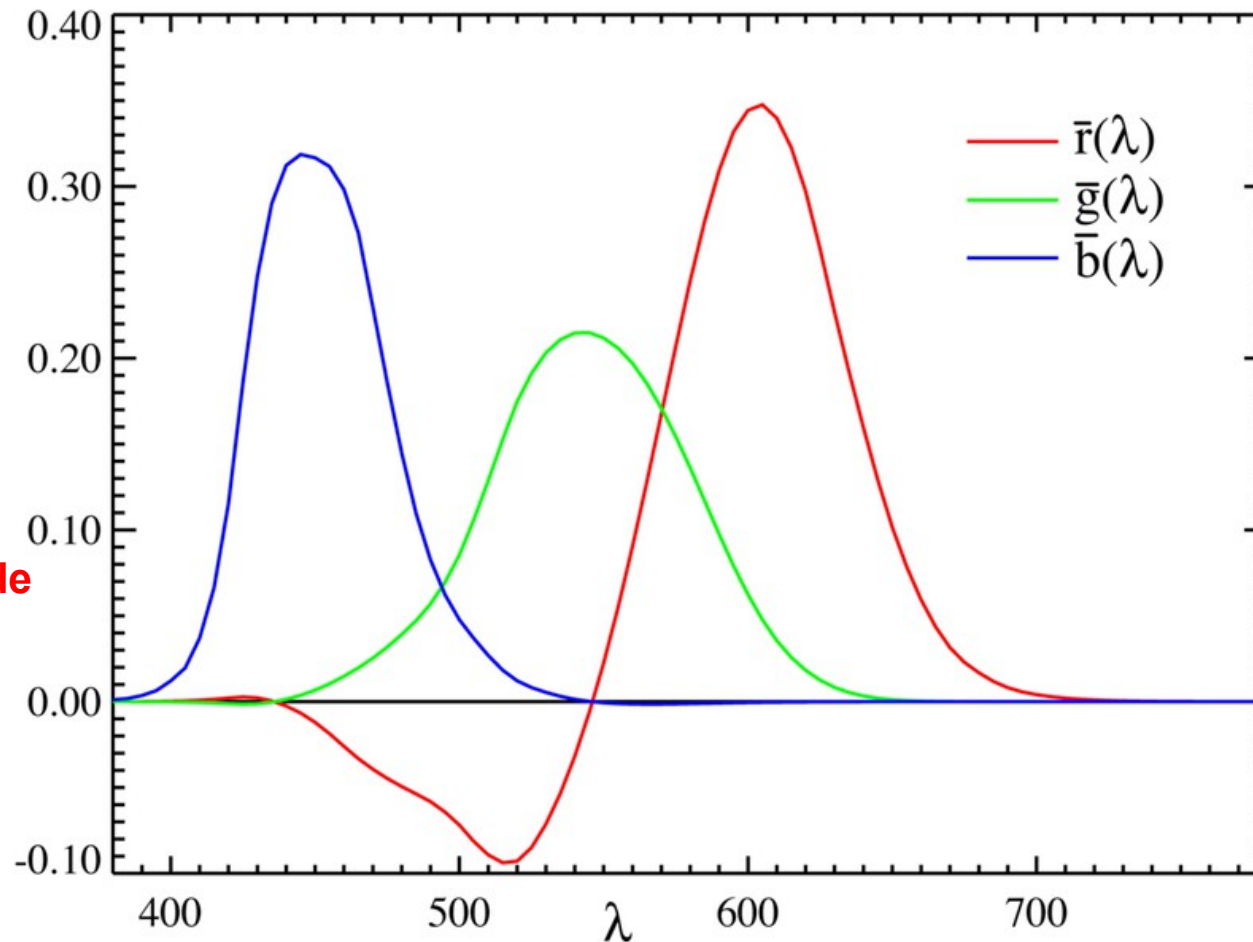


Imagen obtenida de  
[es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)

# Espacio de color CIE 1931

---

- Sin embargo, su representación más común es en un grafo bidimensional, llamado el **diagrama de cromacidad**
- Para pasar de tres dimensiones a dos, la CIE piensa en el color como si este tuviese dos componentes:
  - Brillo y
  - Cromacidad.

# Espacio de color CIE 1931

---

- El brillo se refiere únicamente a la intensidad
  - Ejemplo:
    - Blanco, gris y negro, no son más que el mismo color pero con distinto brillo, es decir con más o menos intensidad.

# Espacio de color CIE 1931

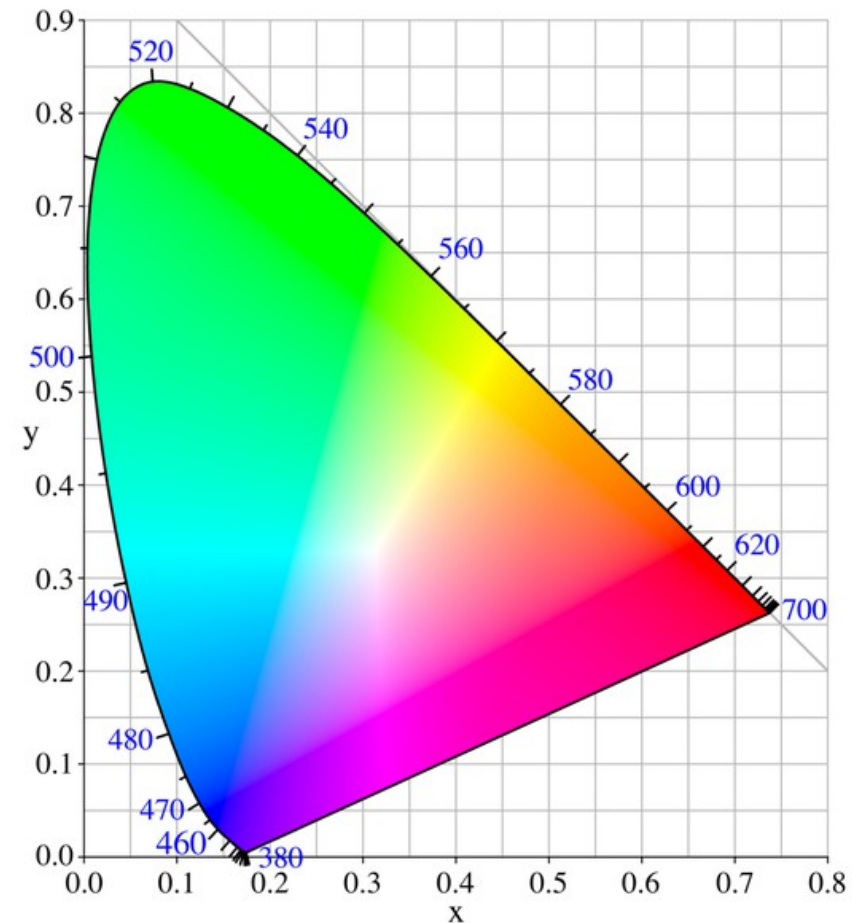
---

- La cromacidad captura las otras dos dimensiones, con unas funciones de transformación desde el espacio tridimensional al bidimensional
- Este espacio tiene una representación gráfica particular



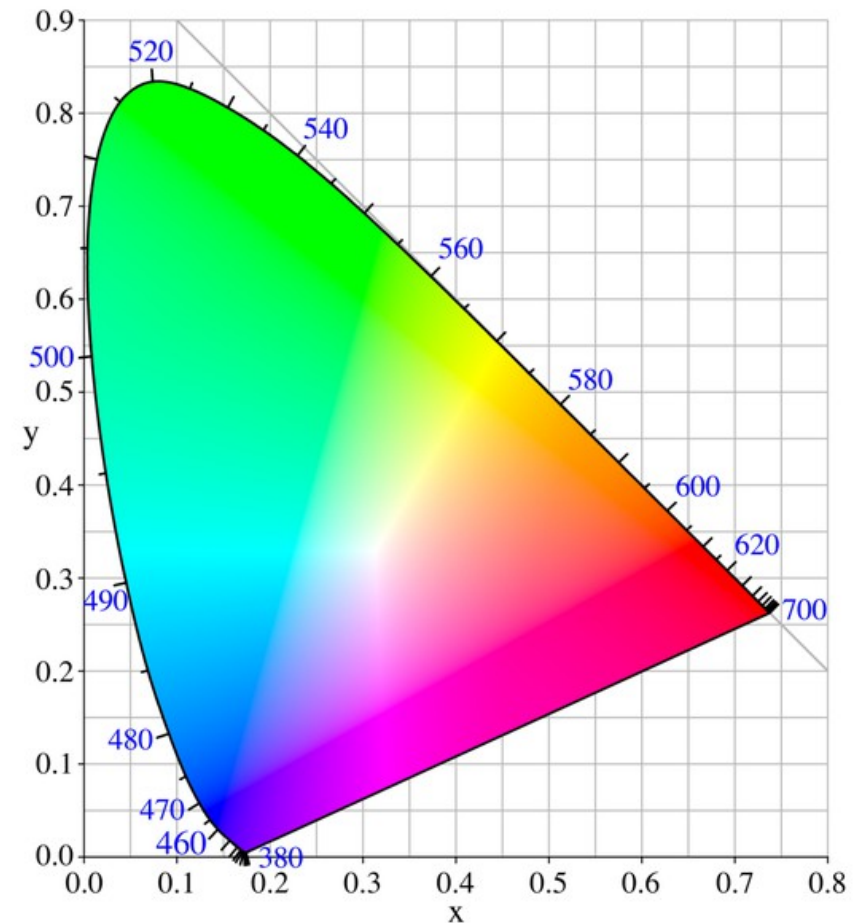
# Espacio de color CIE 1931

- La figura se la conoce como **gamut**, y representa todas las tonalidades visibles al ojo humana



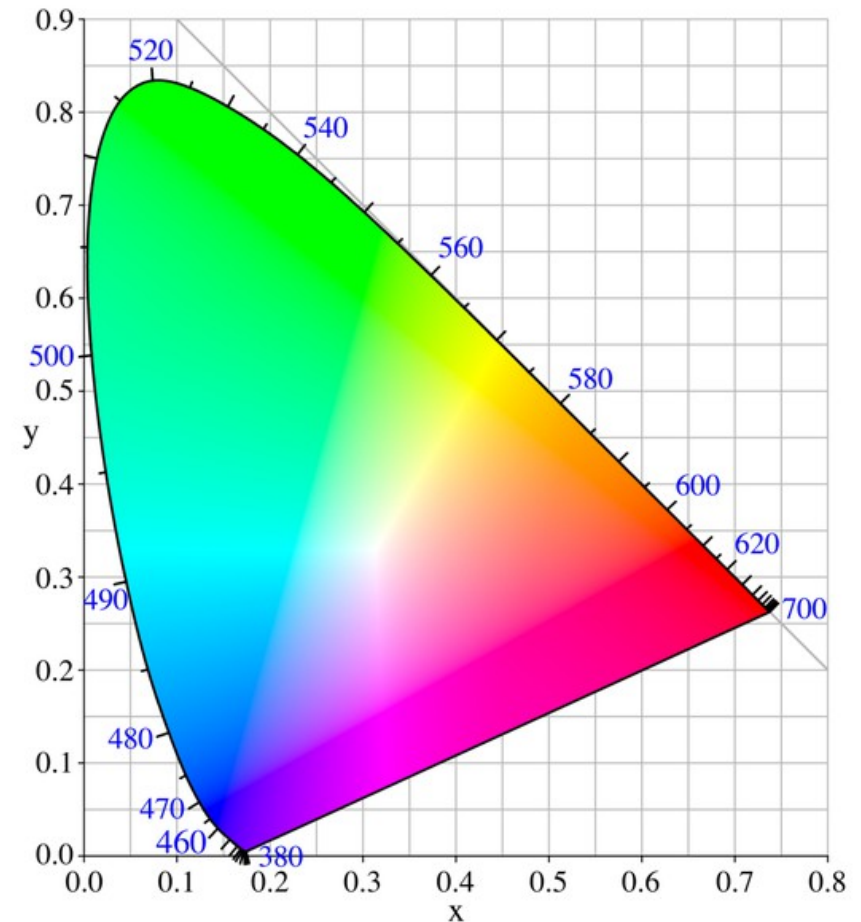
# Espacio de color CIE 1931

- La curva exterior superior se conoce como **spectral locus** e identifica a los colores monocromáticos
  - Se indica la longitud de onda



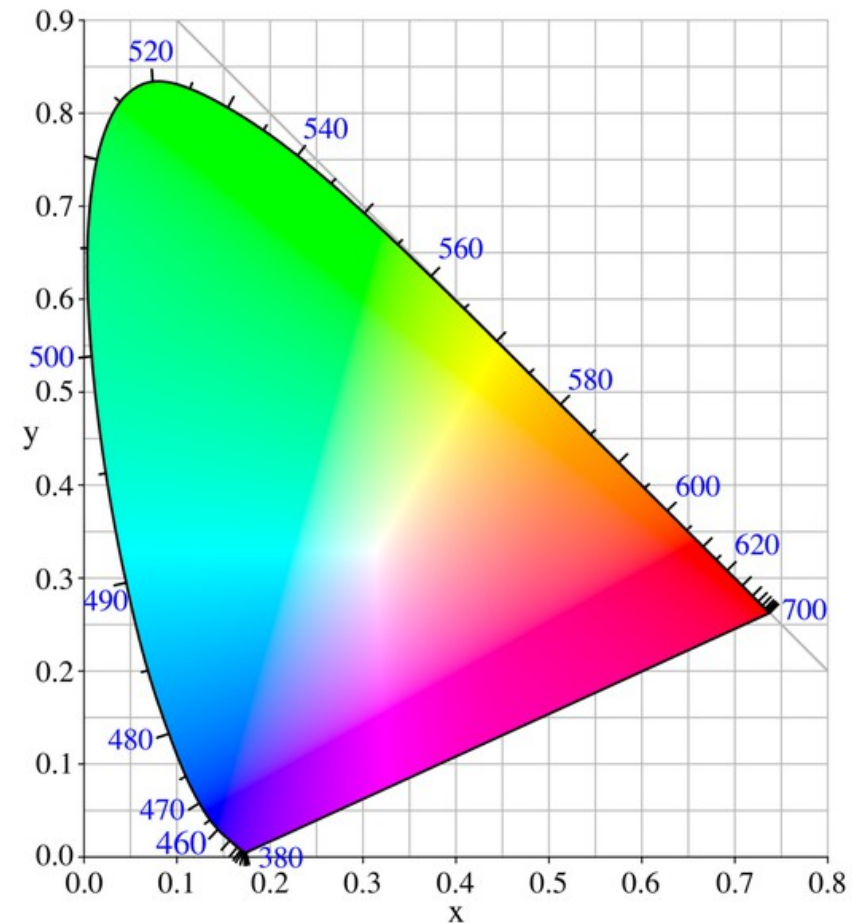
# Espacio de color CIE 1931

- La línea recta inferior se conoce como *línea púrpura* e identifica a los colores no monocromáticos para el ojo humano



# Espacio de color CIE 1931

- En el centro van apareciendo colores menos saturados, hasta llegar al blanco.
  - **Nota:** No confundir la saturación del color (intensidad de un tono) con la del dispositivo de adquisición de la imagen (el dispositivo ya no puede absorber más radiación).



# RGB

---

- Se considera una sistema de adquisición con tres filtros ópticos situados *aproximadamente* en las bandas Roja, Verde y Azul
- Surge de forma natural, ya que se corresponde aproximadamente con los tres tipos de fotorreceptores del ojo humano.

# RGB

- Utiliza un modelo aditivo

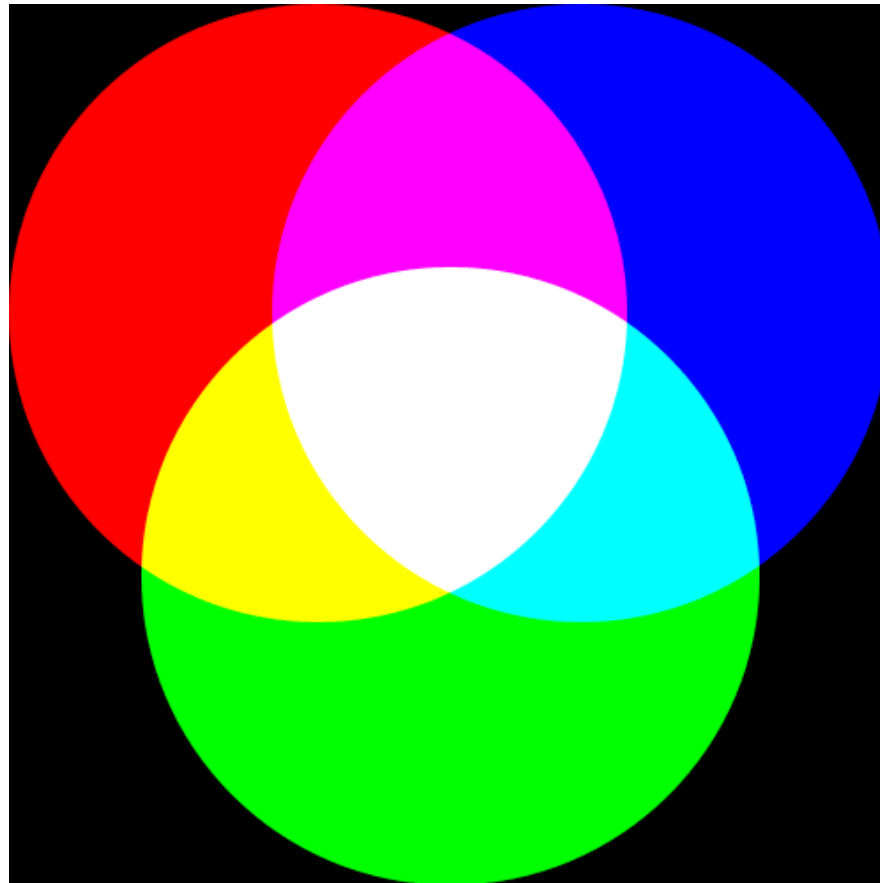


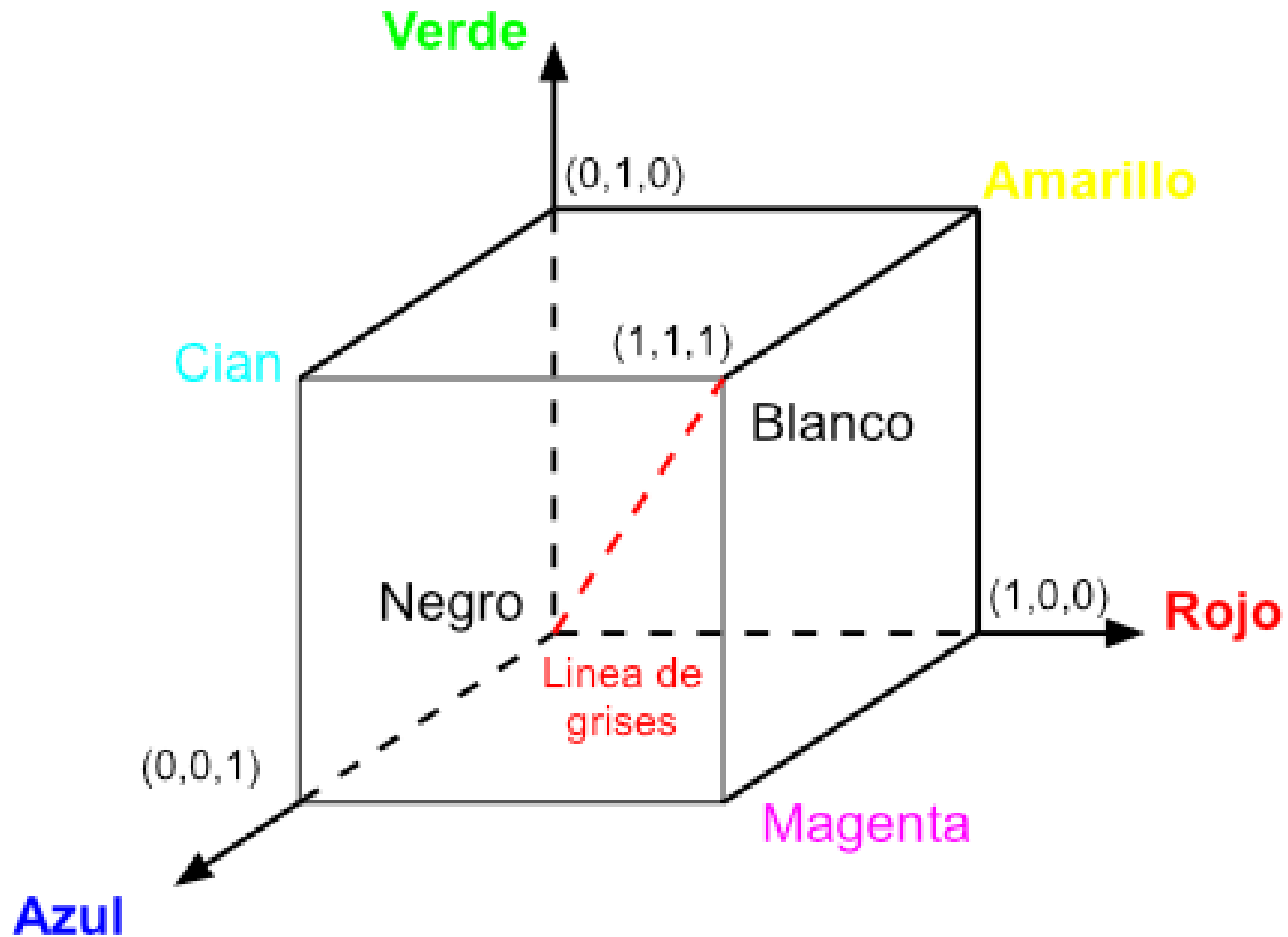
Imagen obtenida de  
[es.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org)

# RGB

---

- RGB está basado en un sistema de coordenadas cartesianas.
- Forma un cubo tridimensional donde cada dimensión se corresponde con las diferentes componentes; Rojo, Verde y Azul.

# RGB





# RGB

---

- El cubo está representado de forma continua, y normalizado al rango  $[0, 1]$
- Tras una digitalización, cada dimensión tendrá  $2^k$  valores en cada eje
  - Esto da un total de  $(2^k)^3$  colores

# RGB

---

- Existen variantes de RGB
  - Safe RGB: usada en la web donde el cubo se ha discretizado a tan sólo 216 valores (ver González y Woods para más detalle)
  - Estándar RGB (sRGB) creado por HP y MicroSoft, y aprobado por otras compañías
    - Estándar [IEC 61966-2-1](#)

# CMY/CMYK

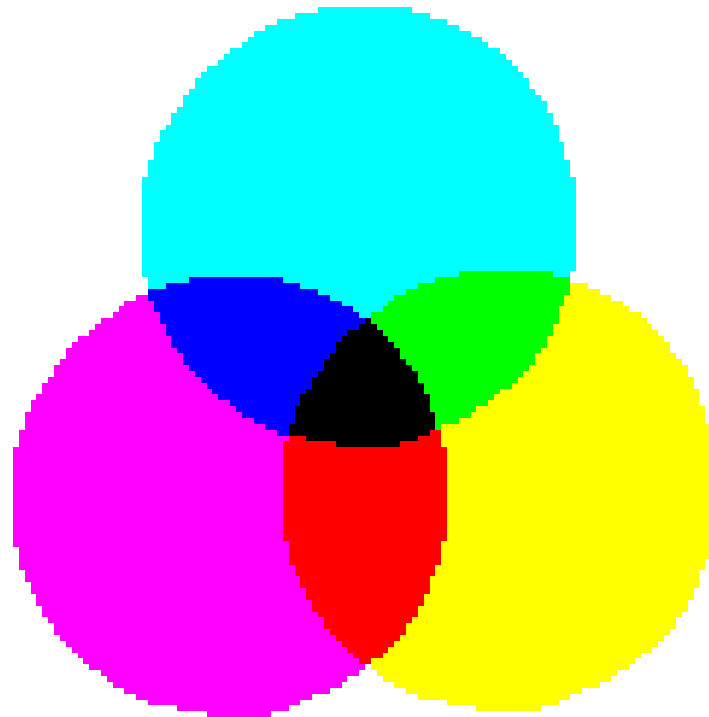
- Es el estándar de las impresoras ya que está pensado para pigmentos
- Se puede obtener como una simple transformación de RGB

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

# CMY/CMYK

---

- Usa una mezcla substractiva



# CMY/CMYK

---

- CMYK es una variante de CMY donde la K significa que se añade el pigmento negro.
  - Nota: La necesidad de introducir el pigmento negro es debido a razones prácticas (la mezcla de tres pigmentos que no sean perfectos, da lugar a un pseudo-negro), de forma que las impresoras incluyen aparte tinta negra.

# HSI

- Hue-Saturation-Intensity

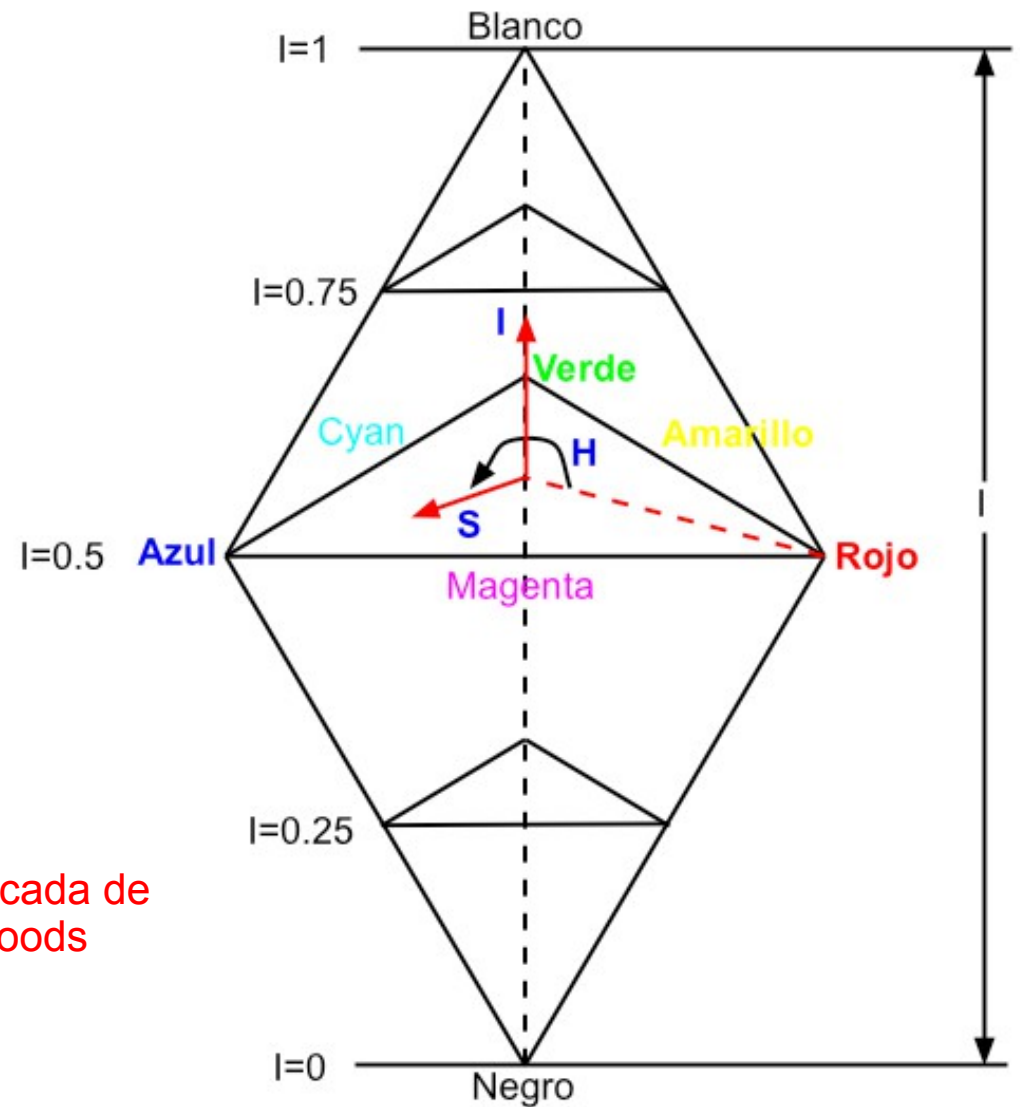


Imagen modificada de  
González y Woods

# Transformaciones Colorimétricas

---

- Las transformaciones colorimétricas permiten el paso de un modelo de color a otro [Wyszecki y Stiles, 1982].

# Transformaciones Colorimétricas

- Sean **P** y **Q** dos espacios de color.
- La transformación desde **P** a **Q** puede escribirse como:

$$Q = T \cdot P$$

Donde **T** es la matriz de transformación



# Transformaciones Colorimétricas

- La matriz T es fija para una determinada transformación

$$\begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ M \\ q_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & L & t_{1m} \\ t_{21} & t_{22} & L & t_{2m} \\ M & M & O & M \\ t_{1n} & t_{2n} & L & t_{nm} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ M \\ p_m \end{bmatrix}$$

# Transformaciones Colorimétricas

- **Nota:** La transformación RGB a CMY y viceversa, si bien es posible describirla como  $\mathbf{Q}=\mathbf{TP}$ , normalmente se expresa de forma más sencilla como  $\mathbf{Q}=\mathbf{T}-\mathbf{P}$ , donde:

$$T = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

# Transformaciones Colorimétricas

- En algunas transformaciones colorimétricas puede haber pérdida de información.
- La calidad de una imagen que ha sufrido una transformación depende de:
  - El solapamiento de los gamuts de los diferentes espacio de colores
  - La calidad del color (i.e. El muestreo y la cuantificación)

# Transformaciones Colorimétricas

- En las siguientes direcciones puedes encontrar información sobre diferentes transformaciones y algunos algoritmos.
  - <http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/colour/convert/>
  - <http://www.easyrgb.com/math.php?MATH=M12>
  - [http://www.cs.rit.edu/~ncs/color/t\\_convert.html](http://www.cs.rit.edu/~ncs/color/t_convert.html)
  - <http://kogs-www.informatik.uni-hamburg.de/~koethe/vigra/doc/vigra/ColorConversions.html>

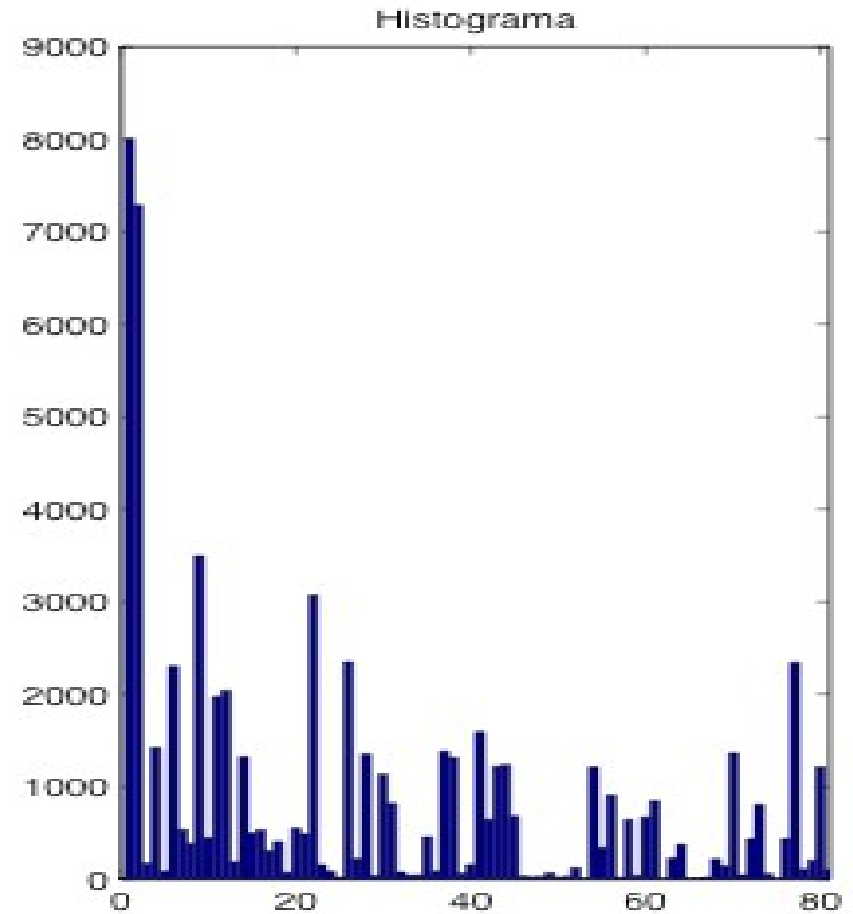
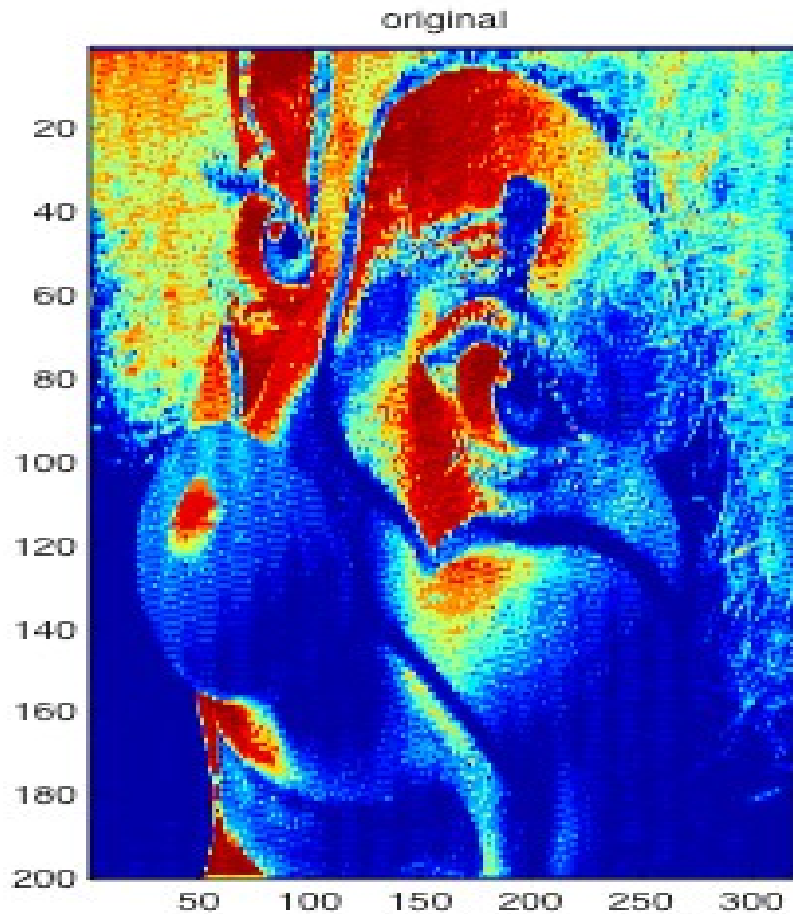
---

# Alteración de la paleta de color

# Paleta de Color

- La ***paleta de color*** es el conjunto de colores que forman una imagen
- Se puede considerar como una tabla que relaciona los vectores de intensidades captados por los sensores con una determinada longitud de onda
- Se pueden conseguir distintos efectos simplemente ***modificando la paleta de color***
  - Se varía la asignación de los colores elementales a los distintos ***niveles digitales***

# Alteración de la Paleta de Color



# Alteración de la Paleta de Color

---

- Algunos procedimientos básicos del color son:
  - Pseudocolor
  - Density slicing
  - Combinaciones en color
    - Color verdadero
    - Falso color



# Alteración de la Paleta de Color

- **Pseudocolor**

- Se mapea cada vector de intensidades a un determinado color
- La asociación entre cada vector de intensidades y los diferentes colores se suele codificar en una tabla
- Ya que **el ojo humano distingue mejor los colores que los niveles de gris**, se puede colorear una imagen monocromática *variando la paleta de color*
- Dependiendo de lo que se quiere resaltar se puede colorear toda la imagen o sólo un nivel de gris (o varios)

# Pseudocolor



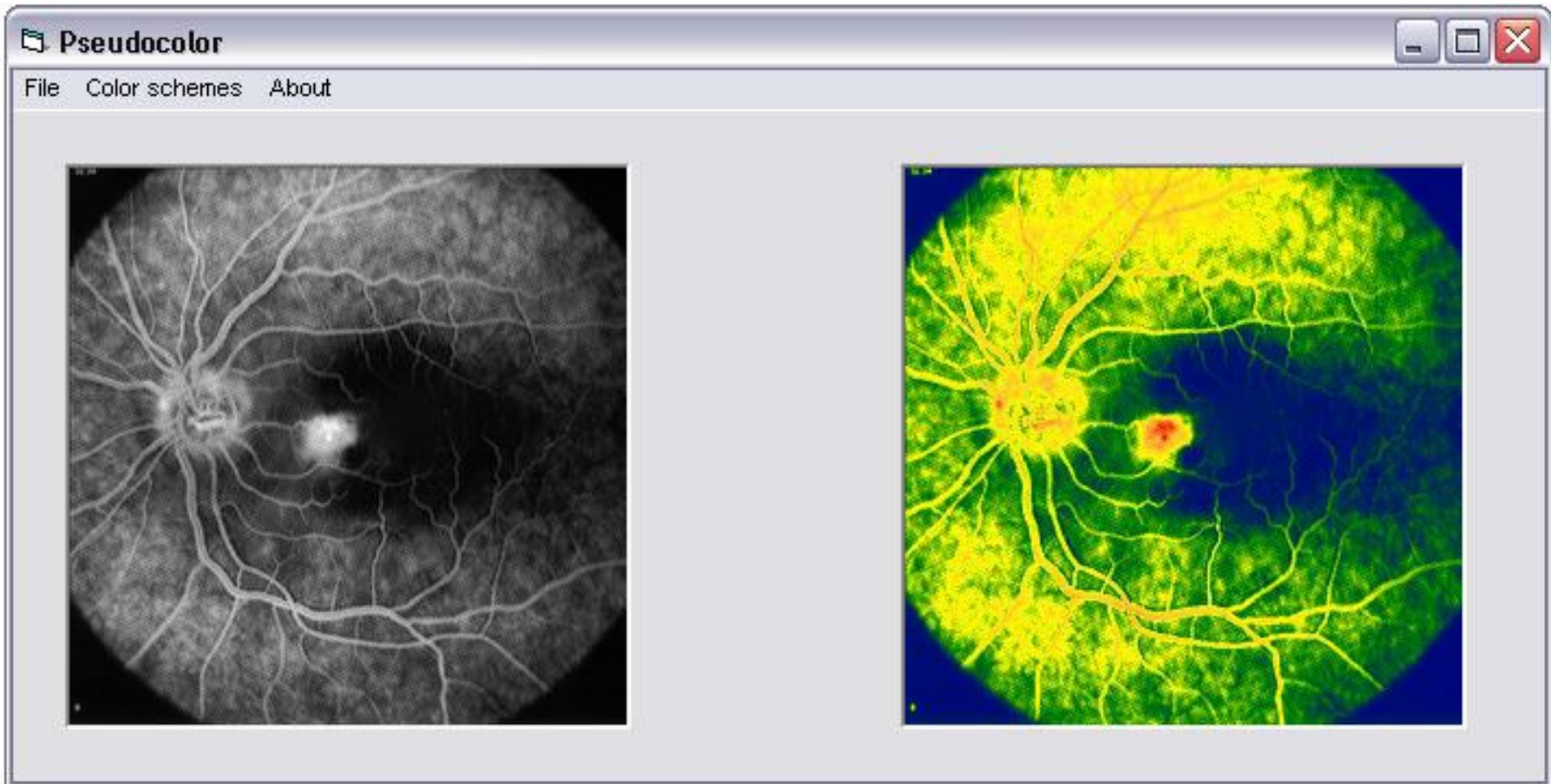
Imagen original



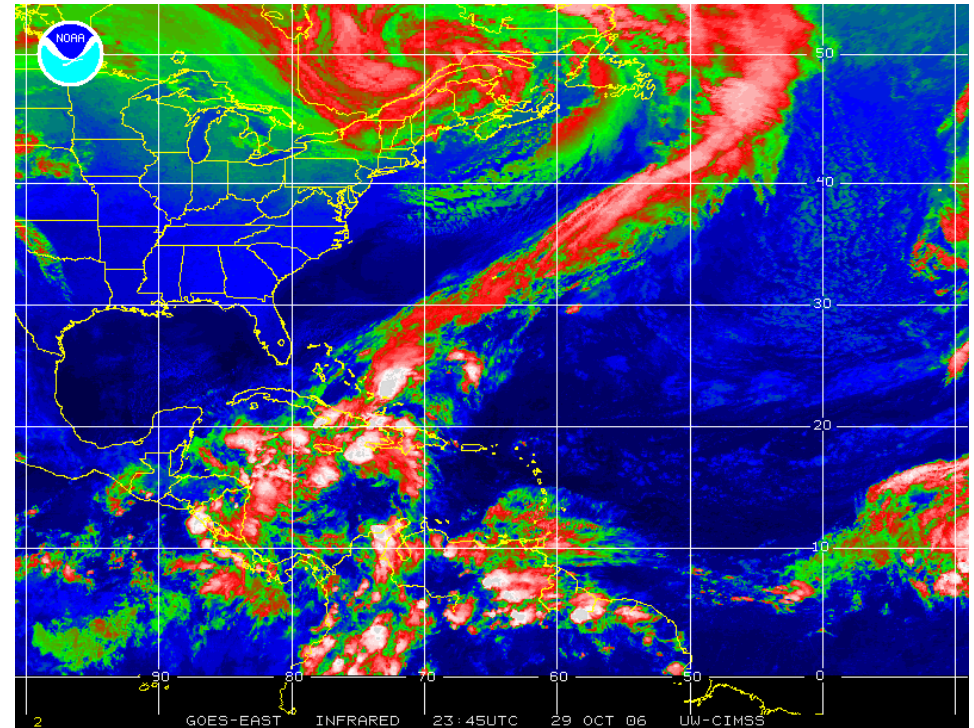
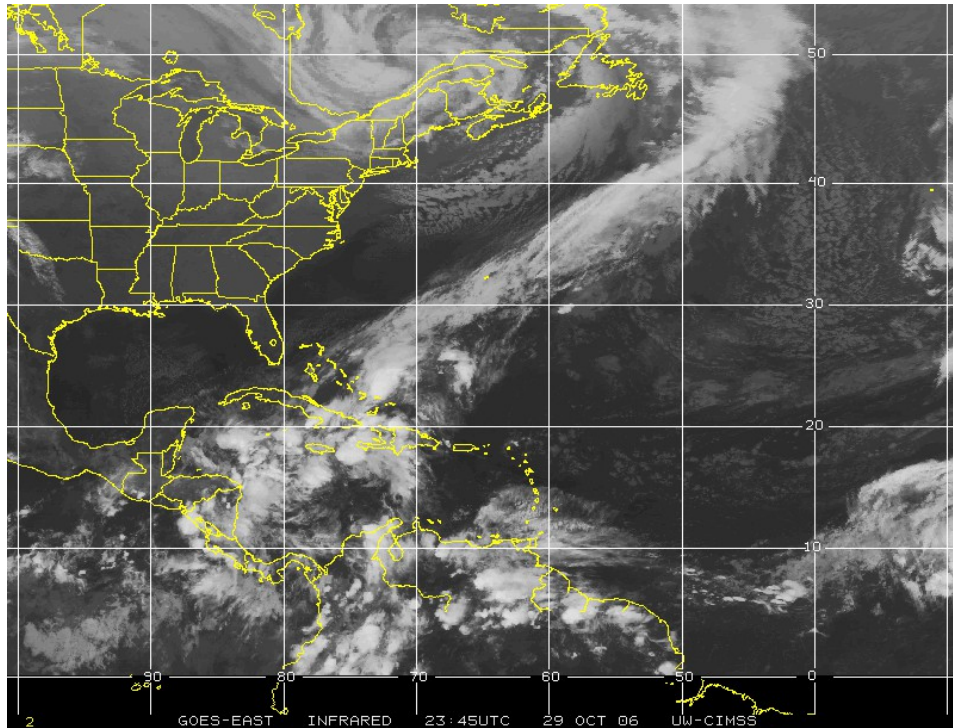
Imagen con pseudocolor

# Pseudocolor

Imagen obtenida de:  
[www.catenarysystems.com](http://www.catenarysystems.com)



# Pseudocolor



- Imagen obtenida de la Universidad de Wisconsin (<http://cimss.ssec.wisc.edu/tropic/real-time/atlantic/images/>)

# Alteración de la Paleta de Color

- **Density Slicing**

- Se agrupan distintos ND para que se correspondan con un único nivel de gris
- Luego se puede aplicar un pseudocolor
- La agrupación de niveles suele ser gradual
- La imagen pierde contraste, pero resaltar algunas características
- Permite realzar un rango de valores
- Podría considerarse como una operación de *multi-umbral* (multiple thresholding)

# Density Slicing

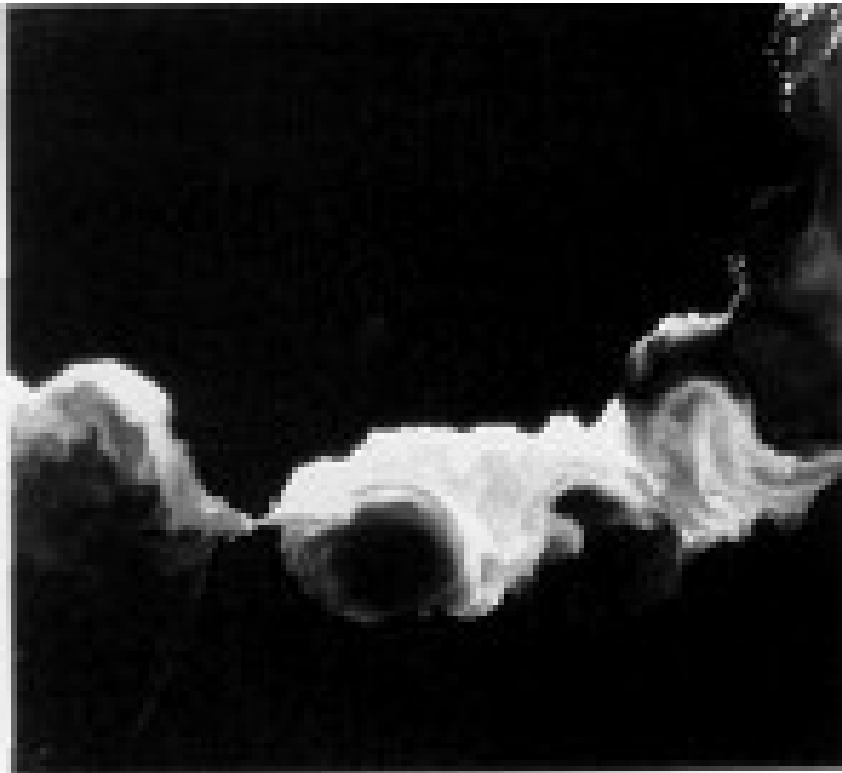


Imagen original

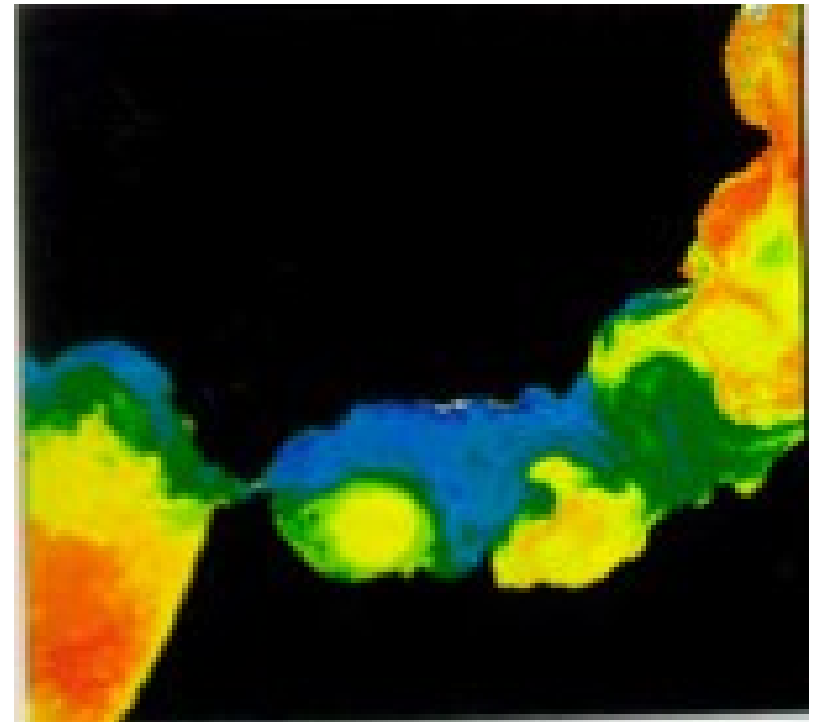


Imagen modificada



# Density Slicing

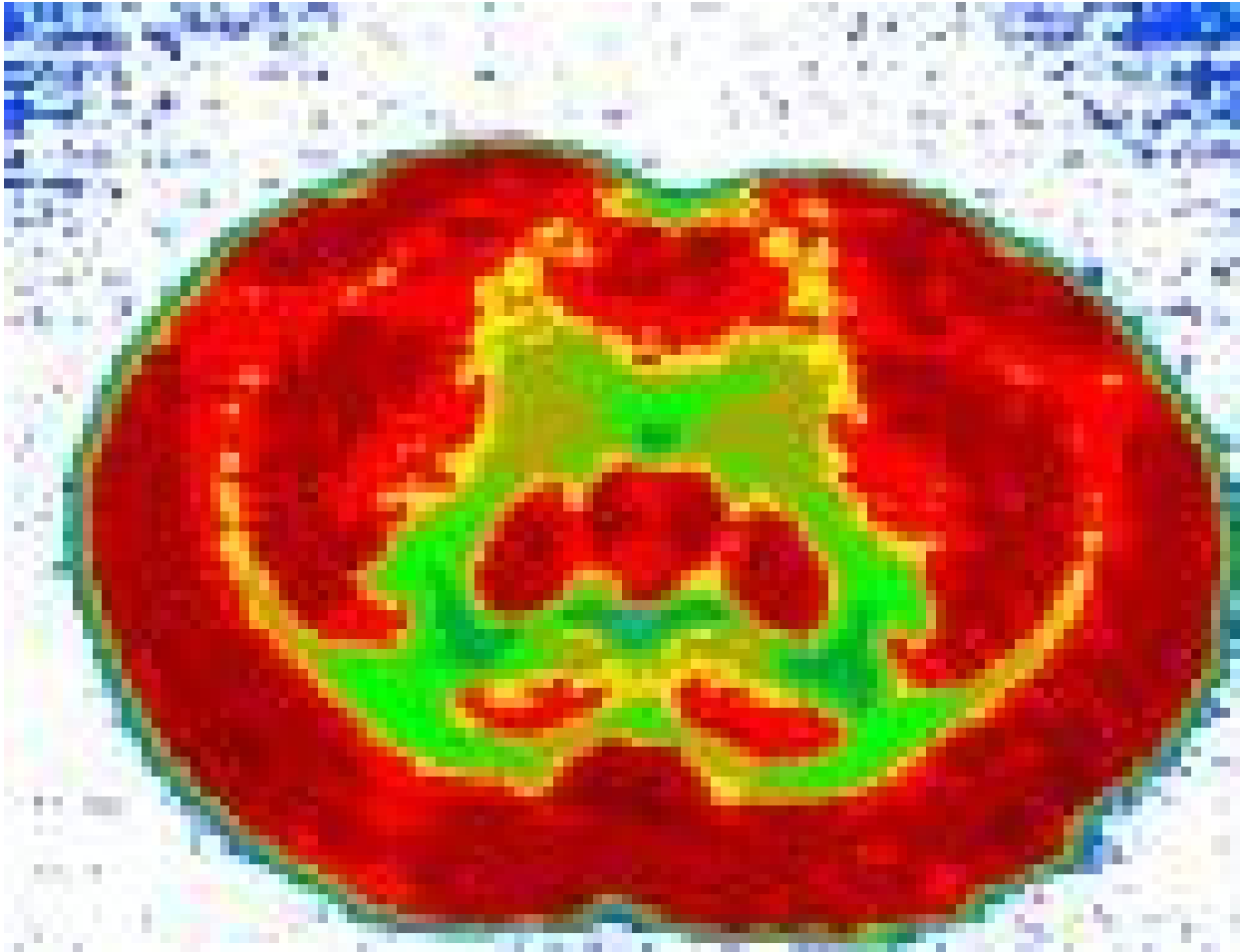


Imagen obtenida de:  
[csic.es](http://csic.es)

# Density Slicing

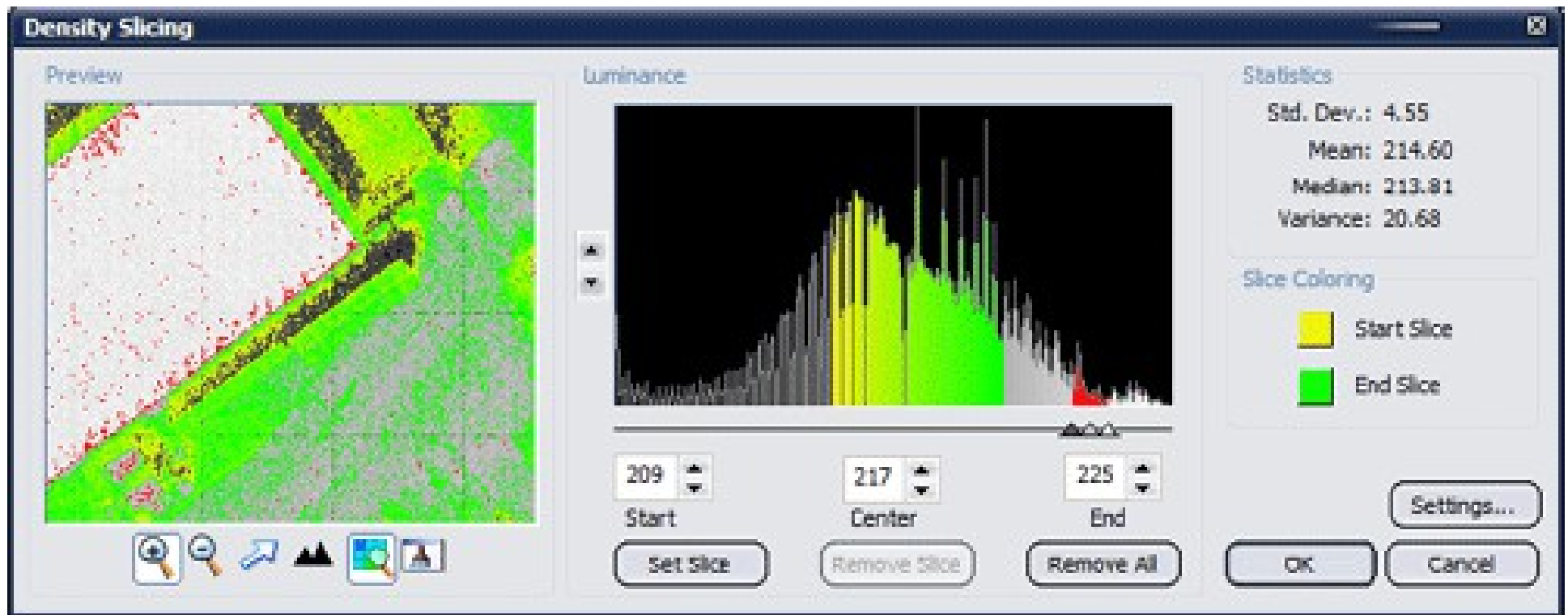


Imagen obtenida de: [www.bentley.com](http://www.bentley.com)



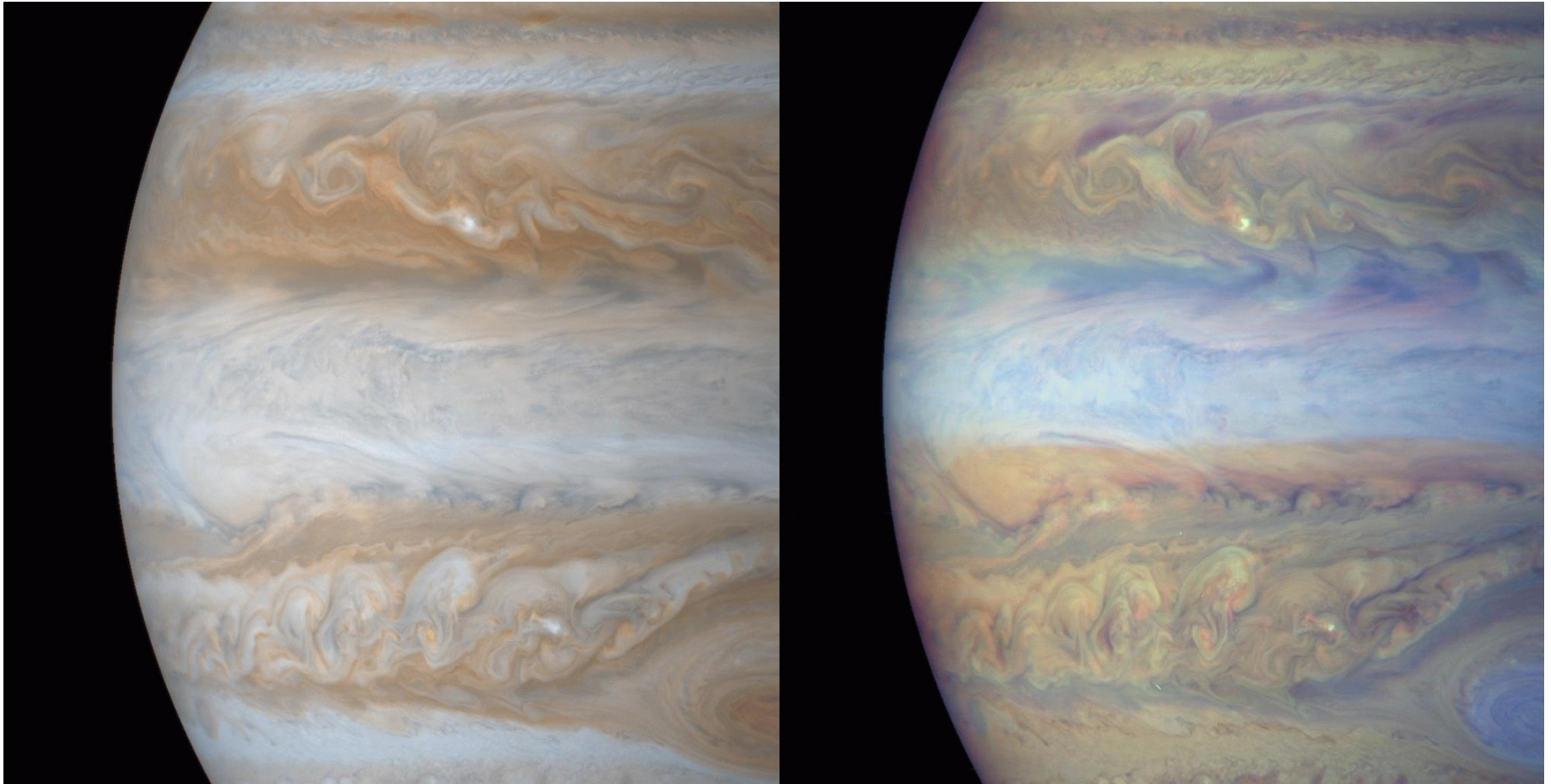
# Alteración de la Paleta de Color

- **Combinaciones en color**
  - Se asigna a cada banda un color y luego se visualizan todas las bandas simultáneamente
  - Principalmente para imágenes multibanda o fuera del visible
  - Si el sensor fotografió en las bandas RGB y se asignan estos colores a las bandas, se habla de *color verdadero*
    - **Nota:** Esta definición es ampliable a otras bandas distintas de RGB
  - En cualquier otra asignación se habla de *falso color*

# Alteración de la Paleta de Color

- **Color verdadero:**
  - Una imagen en color verdadero se presenta tal y como la *percibe* realmente *el ojo humano*
  - En imágenes en escala de grises, el color verdadero se refiere únicamente a la intensidad percibida
  - Se considera que el color verdadero absoluto es imposible de conseguir debido a diferencias entre los sistemas de adquisición y los de despliegue
- **Falso color:**
  - Se viola la correspondencia entre la longitud de onda original y la representada en la imagen
  - Es *necesaria* para visualizar imágenes tomadas fuera del espectro visible

# Color Verdadero - Falso Color



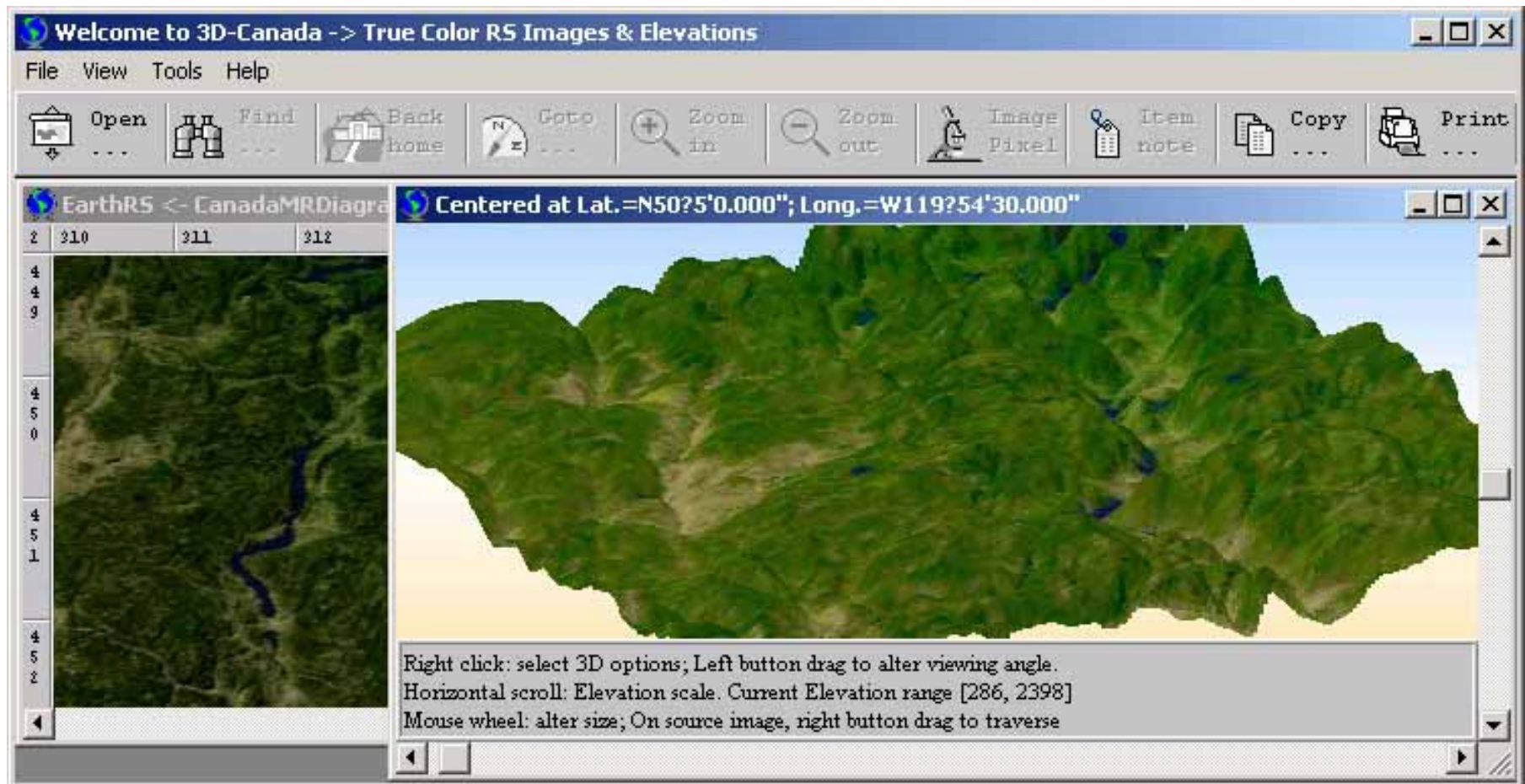
**Color Verdadero**

**Falso Color**

# Color Verdadero - Falso Color

Levantamiento de Canada en 3D  
(Color verdadero)

Imagen obtenida de:  
[www.inforshell.com](http://www.inforshell.com)

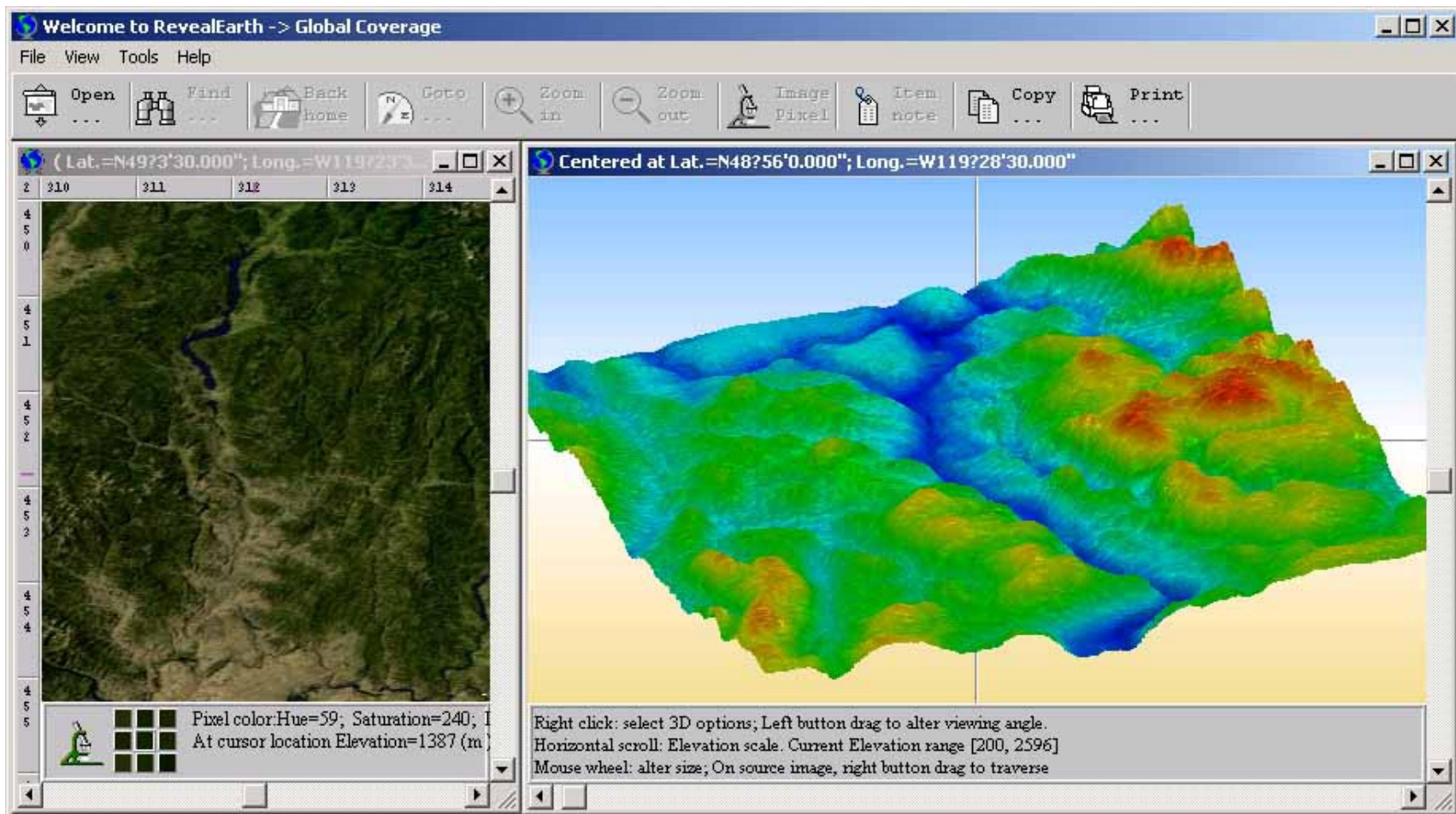




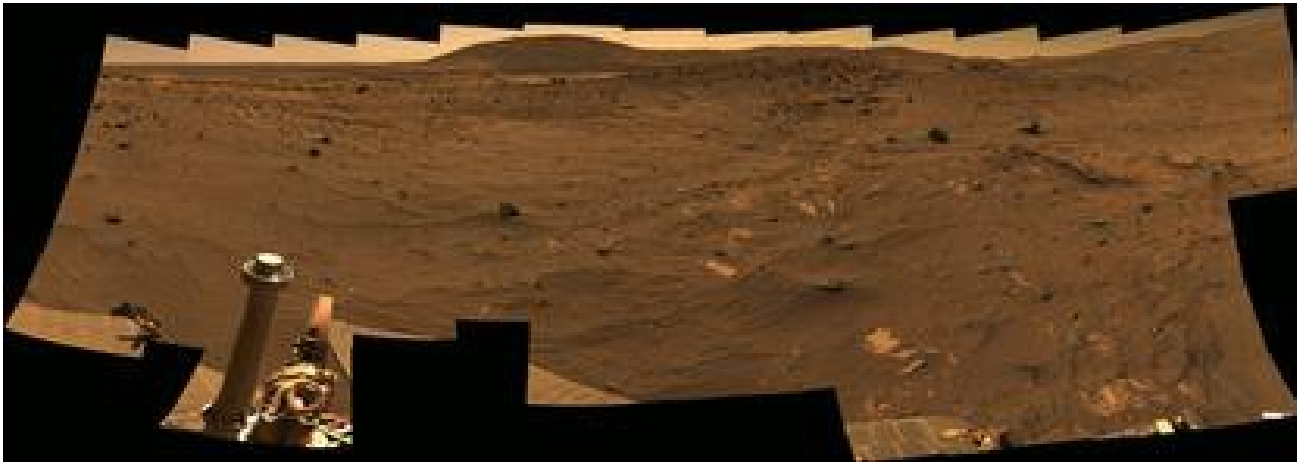
# Color Verdadero - Falso Color

Levantamiento de Canada en 3D  
(Color verdadero)

Imagen obtenida de:  
[www.inforshell.com](http://www.inforshell.com)

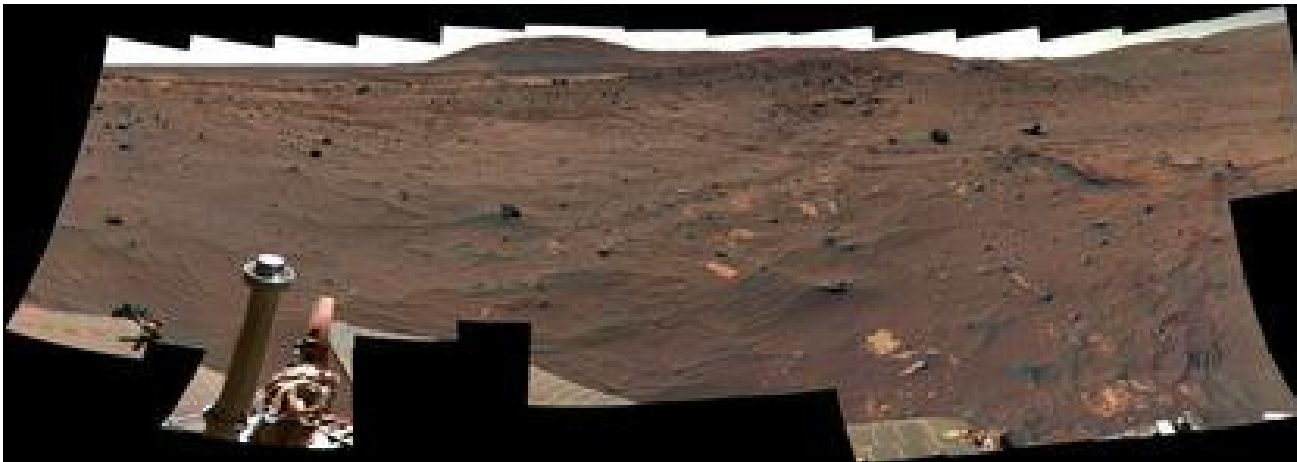


# Falso color



Original

Imagenes obtenida de:  
[marsrovers.nasa.gov](http://marsrovers.nasa.gov)



Falso color

# Falso color

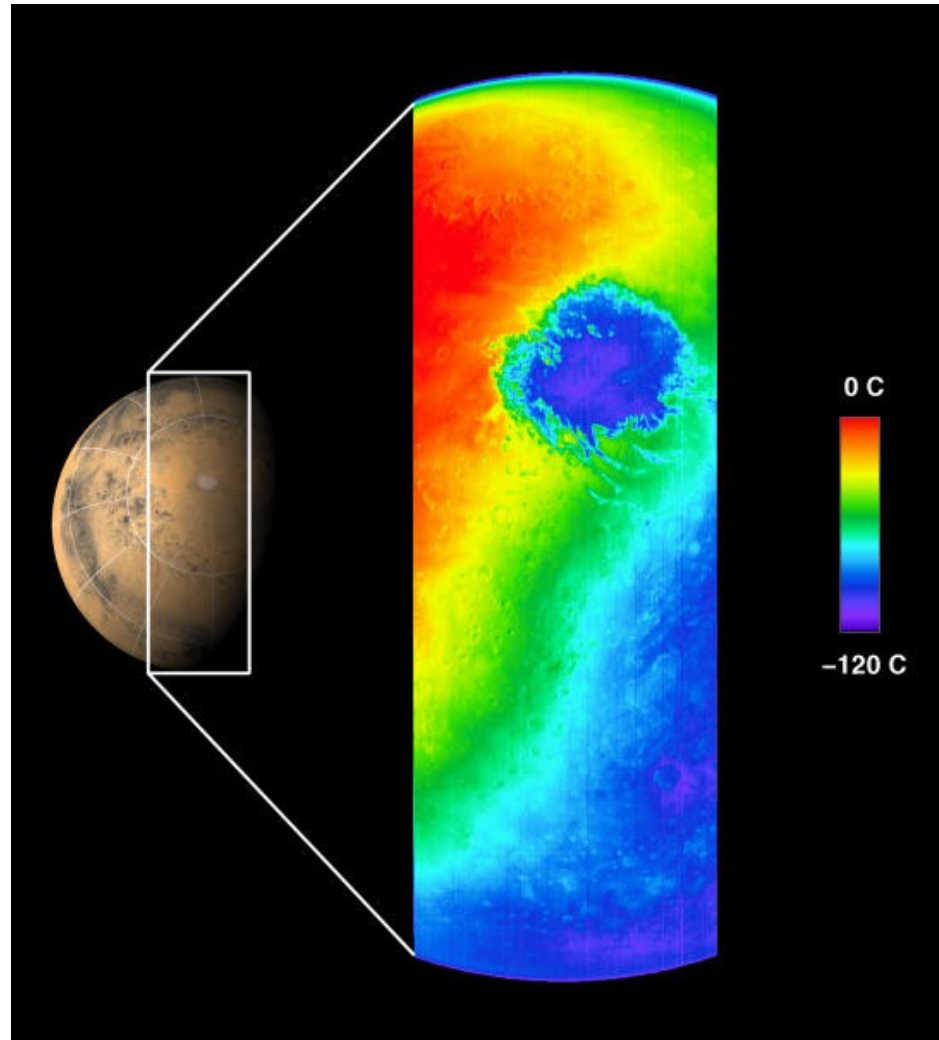


Imagen obtenida de:  
[www.oasis-nss.gov](http://www.oasis-nss.gov)