



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

**Seminarios en Biología  
experimental y aplicada**

Alicante, 20 de Junio de 2008

# Ciencia del color multi-espectral en Biología



***Francisco Miguel Martínez Verdú***

**Dpto. Óptica, Farmacología y Anatomía**

**[verdu@ua.es](mailto:verdu@ua.es)**

**[http://www.ua.es/area/vision\\_color](http://www.ua.es/area/vision_color)**

# Sumario

- **Grupo de Visión y Color de la UA**
  - Fundamentos de Visión y Color
- **Ciencia/Tecnología del color**
  - Principios fundamentales
  - Aplicaciones en Biología
- **Ciencia del color multi-espectral**
  - Principios fundamentales
  - Aplicaciones en Biología
- **Conclusiones**



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



GVC-UA  
Equipo  
humano

# Equipo humano: GVC – UA

[http://www.ua.es/area/vision\\_color](http://www.ua.es/area/vision_color)

Grupo Visión y Color - Windows Internet Explorer

http://www.ua.es/area/vision\_color/

Google

Google

Marcadores PageRank Pop-ups permitidos Corrector ortográfico Traducir Enviar a Configuración

Grupo Visión y Color

 **GRUPO VISIÓN Y COLOR**  **Universitat d'Alacant**  
**Universidad de Alicante**  
Depto. de Óptica, Farmacología y Anatomía

GRUPO  
VISIÓN  
COLOR  
PUBLICACIONES  
CAPACIDADES  
ENLACES

**PRESENTACIÓN**

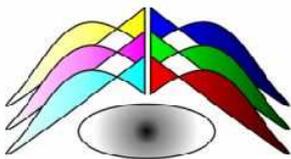
A principios del año 2002, un pequeño grupo de profesores titulares del departamento de Óptica de la Universidad de Alicante reunimos nuestros intereses investigadores y nos constituimos como grupo de investigación en temas relacionados con la visión y el color.



**POSTGRADO UA-UPC DE TECNOLOGÍA DEL COLOR Y FOTOMETRÍA CURSO 2007-2008**

Pre-inscripción abierta en la UPFC  
Septiembre 2007 - Junio 2008

Pre-inscripción abierta para el grupo intensivo  
Junio-Julio 2008



**SEMINARIO TÉCNICO DE COLORES ESPECIALES**

Alicante, 5 Julio 2006

Internet 100%

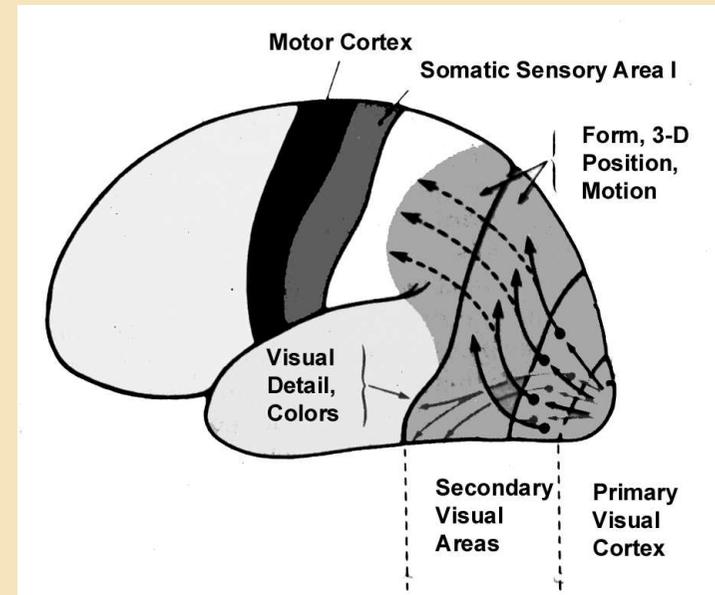
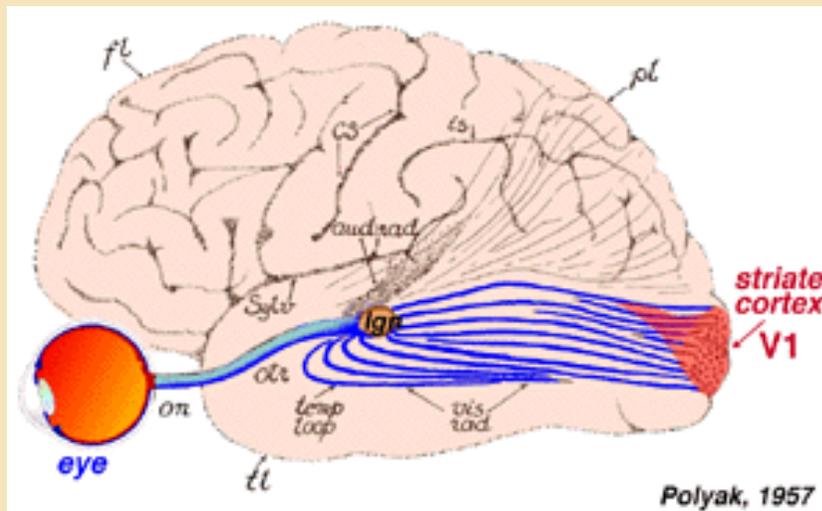


Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



# Fundamentos de Visión y Color

- ¿Qué es la Visión humana?
  - Ojo + Cerebro
  - Interpretación de la información contenida en las imágenes de ambos ojos mediante sistemas internos de codificación e representación



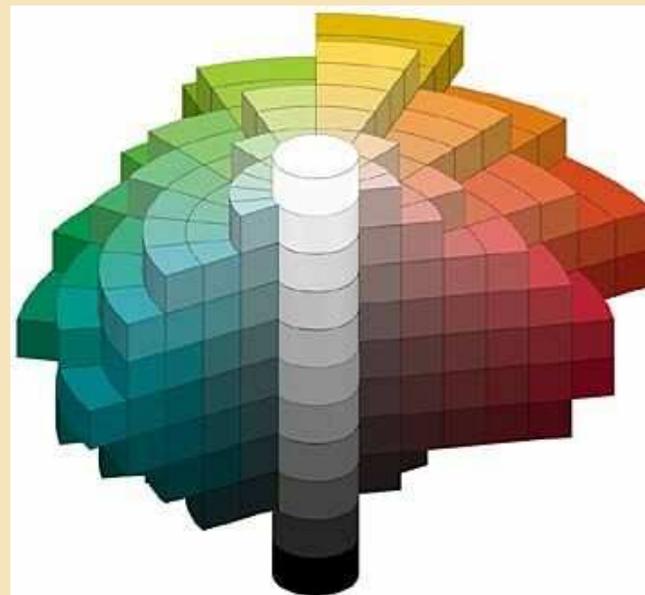
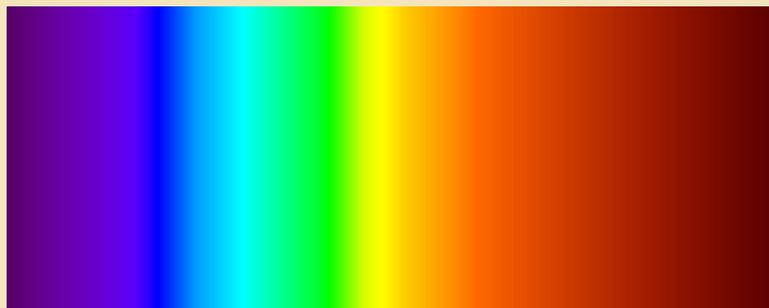
# Fundamentos de Visión y Color

- **Enfoques de la visión humana:**
  - Neurofisiológico (hardware): soporte neural
  - Psicofísico: relación estímulo - respuesta
  - Perceptual (software): integración e interpretación
  
- **Tipos de procesamiento de la información visual:**
  - Forma, detalle, color, movimiento, profundidad y visión 3D, movimientos oculares, etc
  - Integración con otros órganos sensoriales



# Fundamentos de Visión y Color

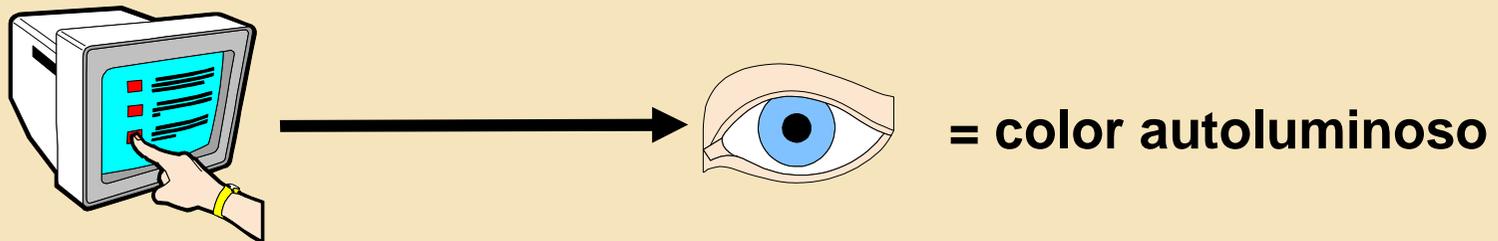
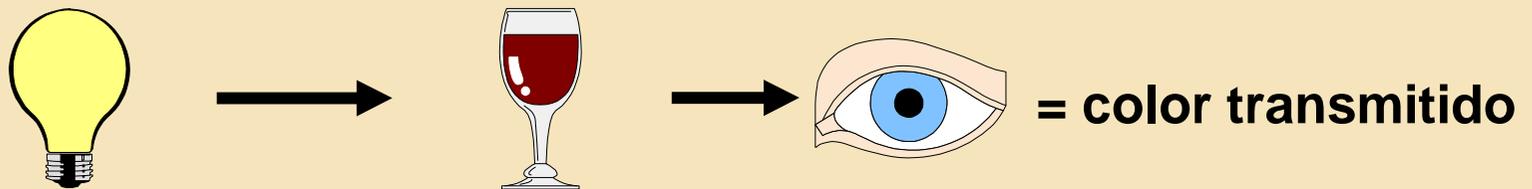
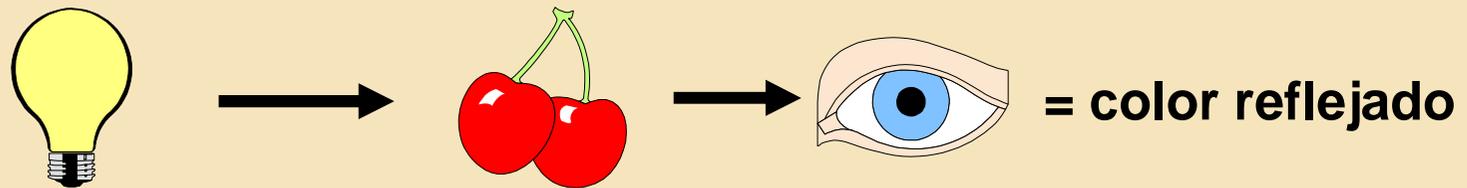
- ¿Qué es el Color?
  - Según DRAE: Sensación producida por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de la longitud de onda



# Fundamentos de Visión y Color

## ■ Elementos básicos del color:

- Fuente luminosa + Objeto + Observador



# Fundamentos de Visión y Color

## ■ Las causas físico-químicas del color:

VIBRACIONES Y EXCITACIONES ATÓMICAS SIMPLES	TRANSICIONES ENTRE BANDAS DE ENERGÍA
<p>1. <b>Incandescencia:</b> Sol, lámparas, arco-C, pirotecnia*</p> <p>2. <b>Excitaciones gaseosas:</b> relámpago, pirotecnia*, aurora boreal, láseres*</p> <p>3. <b>Vibraciones y rotaciones:</b> agua, hielo, yodo, cloro</p>	<p>8. <b>Metales:</b> cobre, oro, hierro, plata</p> <p>9. <b>Semiconductores puros:</b> sílice, galena, diamante, cadmio</p> <p>10. <b>Semiconductores dopados:</b> diamante, LED, fósforos TV</p> <p>11. <b>Centros de color:</b> amatista, cuarzo ahumado</p>
TRANSICIONES EN LA RED CRISTALINA	ÓPTICA GEOMÉTRICA / FÍSICA
<p>4. <b>Compuestos metálicos:</b> pigmentos, láseres*</p> <p>5. <b>Impurezas metálicas:</b> rubí, esmeralda, colorantes</p>	<p>12. <b>Refracción y polarización:</b> arco iris, halos</p> <p>13. <b>Difusión:</b> azul-cielo, amanecer/atardecer, plumas azuladas*, ojos azules de los neonatos</p> <p>14. <b>Interferencias:</b> aceite-agua, pompas-jabón, alas de mariposa</p> <p>15. <b>Difracción:</b> ópalo, LCD, redes de difracción</p>
TRANSICIONES ENTRE ORBITALES MOLECULARES	
<p>6. <b>Compuestos orgánicos:</b> tintes, coloración biológica*</p> <p>7. <b>Transferencia de carga:</b> zafiro, magnetita, lapislázuli</p>	



# Interdisciplinar vs. multidisciplinar

## ■ Según DRAE:

- **Interdisciplinaria:** necesaria la cooperación entre disciplinas
- **Multidisciplinaria:** aplicable a varios campos científicos
- **Tecnología:**
  - Conjunto de teorías y de técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico
  - Tratado de los términos técnicos
  - Lenguaje propio de una ciencia o de un arte
  - Conjunto de los instrumentos y procedimientos industriales de un determinado sector o producto

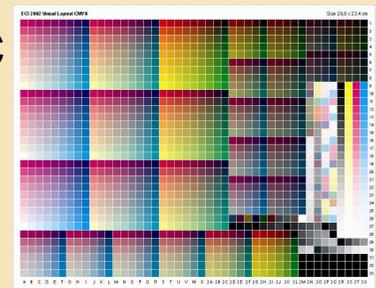


Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



# Tecnología del Color

- **¿Qué es la Tecnología del Color?**
  - Estudio de las teorías y técnicas que sirven para diseñar, fabricar y medir objetos coloreados
- **Sectores industriales implicados:**
  - Química de colorantes para fibras textiles, plásticos, pinturas, cosmética, etc
  - Artes Gráficas
    - Impresión tradicional y digital
  - Multimedia
    - TV, cine, videojuegos, etc



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

# Aplicaciones de la Tecnología del Color

- **Campos abiertos de aplicación:**
  - **Caracterización y medida del color de objetos**
    - Objetos fluorescentes, metalizados y perlados
    - Ampliación de gamas de colores industriales
    - *Multi-spectral imaging* ⇒ reproducción de arte, etc
  - **Coloración de materiales**
    - Nuevos materiales, nanopigmentos, etc
  - **Imagen y Multimedia**
    - Apariencia del color y comparación de imágenes
    - Simulación de la apariencia de objetos 3D, etc
  - **Psicología de la iluminación y el color, etc**



# Aplicaciones de la Tecnología del Color en Biología

- **Interdisciplinariedad: “necesita cooperación de”**
  - Física: Óptica, Estado Sólido, etc
  - Química: Orgánica, Inorgánica, Fotoquímica, etc
  - Ingeniería de Materiales: plásticos, etc
  - Biología / Psicología : Neurofisiología, etc

**¿Agricultura, Ecología, Biofotónica, etc?**

- **Multidisciplinariedad: “aplicable a”**
  - proyectos teóricos y aplicados donde la visión humana, **o no humana**, como resultante de la interacción **luz – materia – ojo**, juegue un papel importante en la comprensión, el control metrológico y la calidad visual de fenómenos y procesos en Biología.



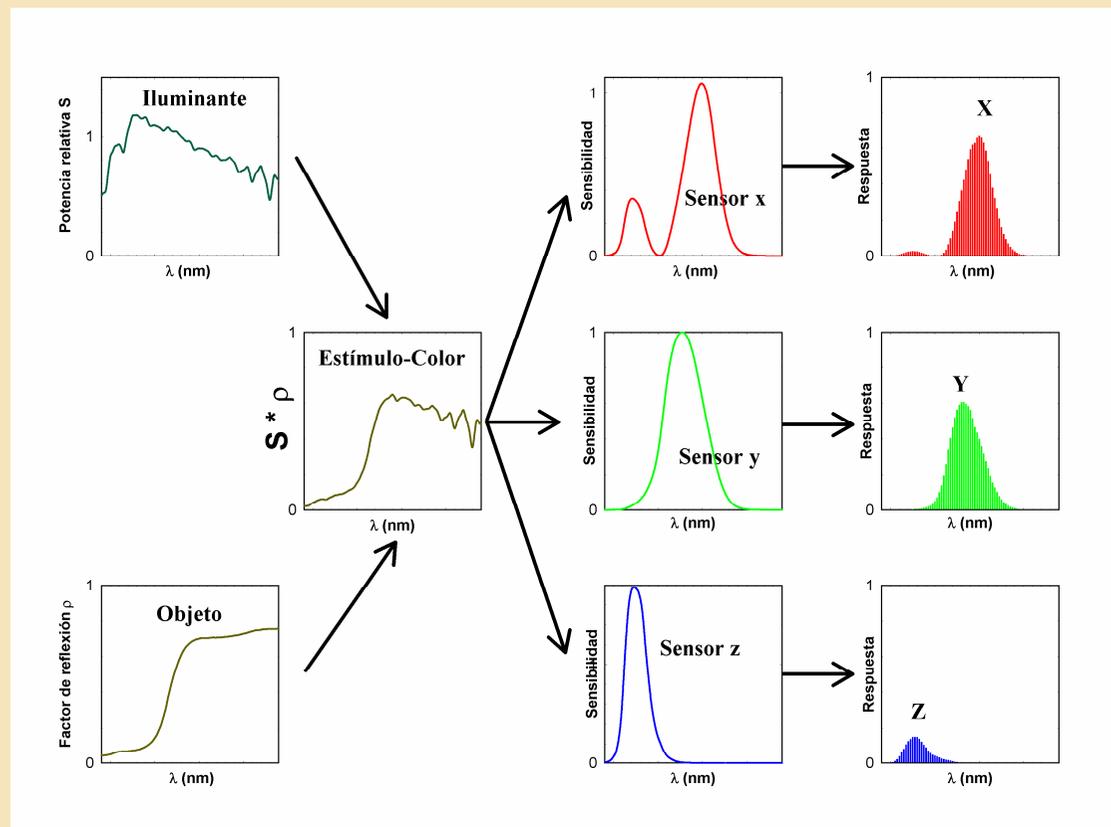
# Principios fundamentales en Ciencia del Color

- **¿Se puede describir numéricamente un color? **Sí****
  - Existen “matemáticas” en la Ciencia del Color
  - Existen lenguajes de color y diccionarios entre ellos
  - Los colores se pueden ordenar, comparar, ...
  
- **Si dos colores no son exactamente iguales, ¿cómo podemos igualarlos?**
  - Lote vs. estándar (patrón o referencia del cliente)
  
- **¿Qué clase de colorantes (colores primarios) y cuánta cantidad de ellos debemos mezclar para conseguir un color determinado sobre un medio/soporte específico?**
  - Medios: papel, plástico, fibra textil, pintura, vidrio, etc

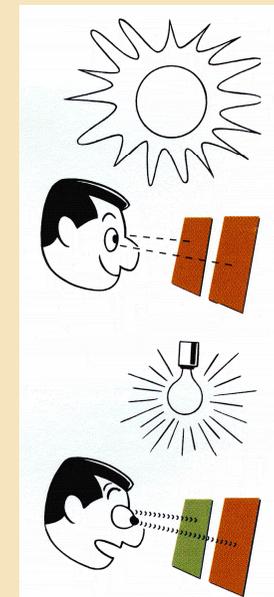


# Principios fundamentales en Ciencia del Color

- Fuente luminosa + Objeto + Observador:
  - Color psicofísico: CIE-1931 XYZ



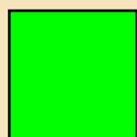
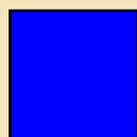
Valores  
Triestímulo  
(área)



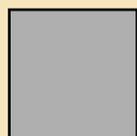
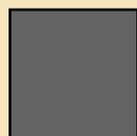
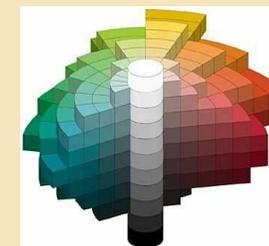
# Principios fundamentales en Ciencia del Color

## ■ Fuente luminosa + Objeto + Observador:

□ Color percibido:  $CIE-L^*a^*b^*C_{ab}^*h_{ab}^*$



Tono (H)



Claridad (L, J)

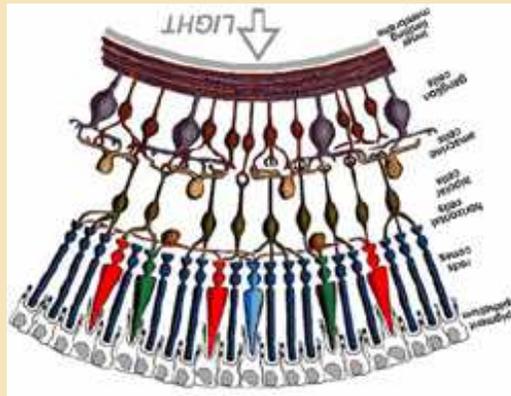


Colorido (M, C)

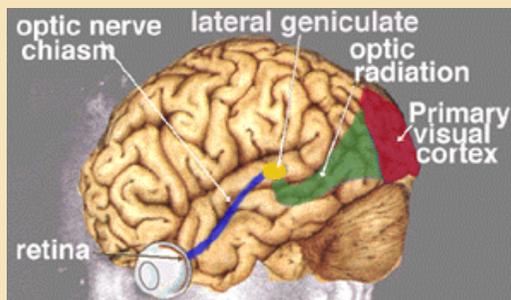


# Principios fundamentales en Ciencia del Color

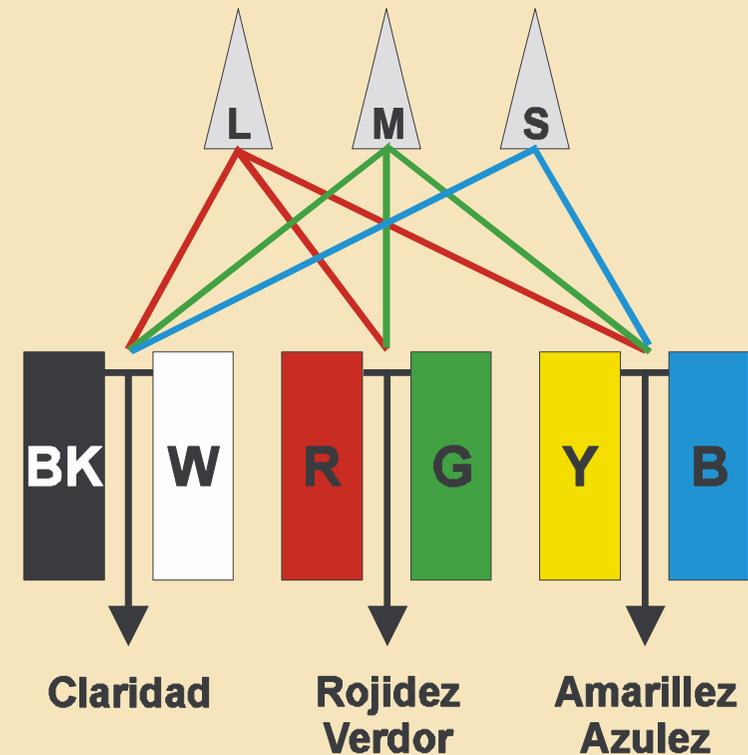
- Fuente luminosa + Objeto + Observador:
  - Trivariancia cromática en el proceso visual



Etapa  
fotoreceptoral



Etapa neural

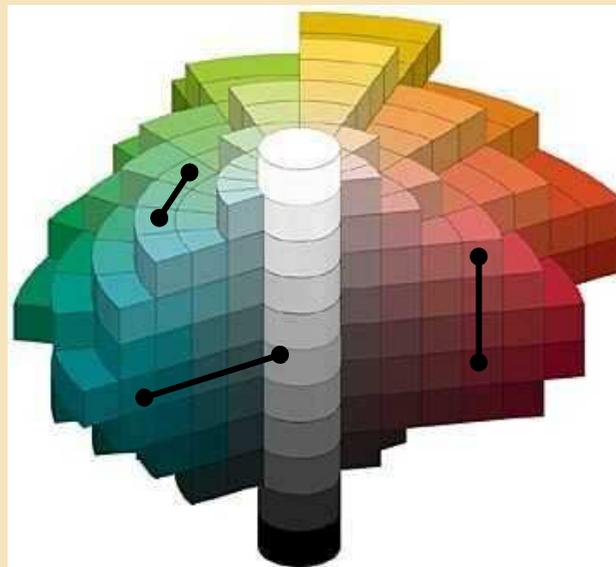


# Principios fundamentales en Ciencia del Color

## ■ Uso de la percepción cromática:

### □ **Detección, reconocimiento y discriminación**

- Si  $\Delta E = 0 \Rightarrow$  iguales
- Si  $\Delta E > 0$ , y cada vez más grande  $\Rightarrow$  muy diferentes



$\Delta \equiv$  muestra – estándar

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta C_{ab}^*)^2 + (\Delta H_{ab}^*)^2}$$



# Aplicaciones de la Ciencia del Color en Biología

## ■ Percepción visual humana

- Biólogo como observador
- Correlación de cambios de color en especies según cambios metabólicos, ambientales, etc
- ????

## ■ Percepción visual animal

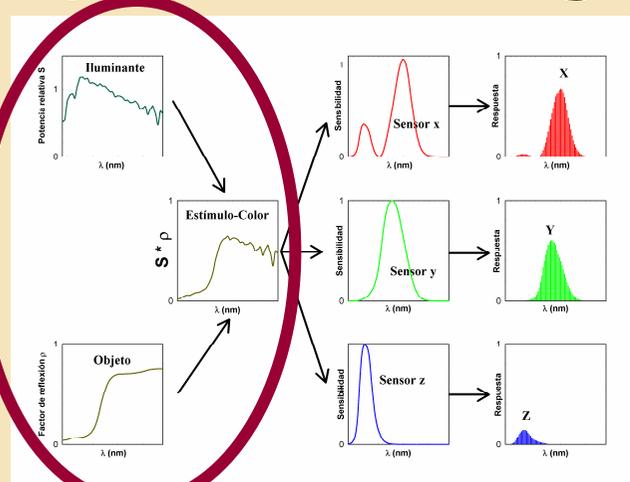
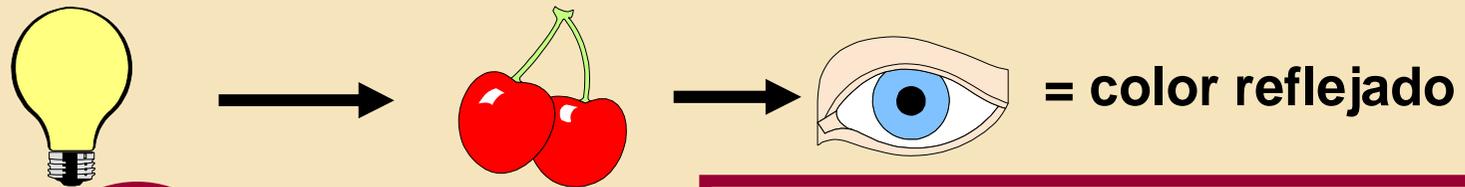
- Discriminación de escenas naturales
- Camuflaje
- ????



# Ciencia del color multi-espectral

## ■ Objetivo:

- Conseguir la **máxima información** sobre la interacción luz-materia, antes de que entre en un sistema biológico fotosensible y la interprete (percepción)



**Pasar de 3 valores numéricos asociados al color (XYZ, L\*a\*b\*, etc) a múltiples pares de valores  $P(\lambda)$**

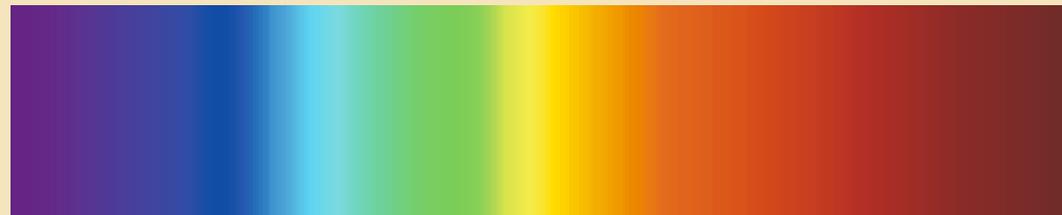
# Principios fundamentales en Ciencia del Color multi-espectral

- Fuente luminosa + Objeto + Observador:
  - Rango espectral de sensibilidad luminosa

$10^{-6}$        $10^{-3}$        $10^{-1}$       10       $10^3$        $10^6$        $10^9$        $10^{12}$



ESPECTRO VISIBLE ( $\lambda$  en nm)

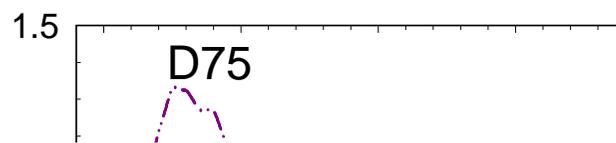


380 400 450 500 550 600 650 700 750 780

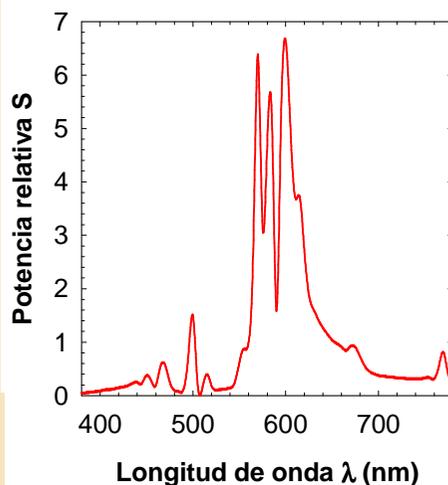
# Principios fundamentales en Ciencia del Color multi-espectral

## ■ Tipos de fuentes luminosas:

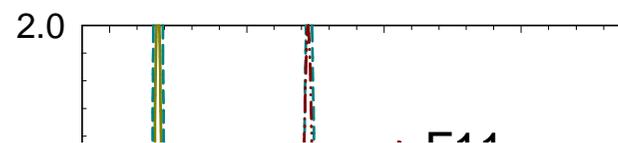
### Illuminantes luz-diurna



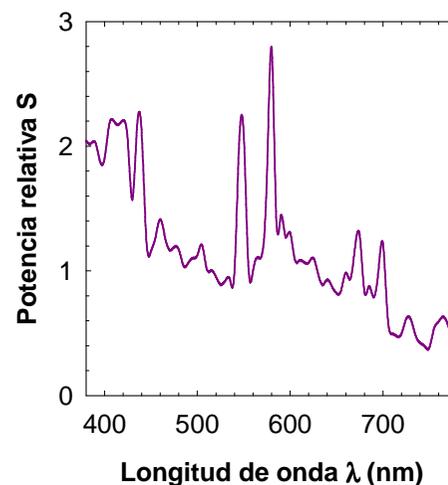
Lámpara de Na  
(alta presión)



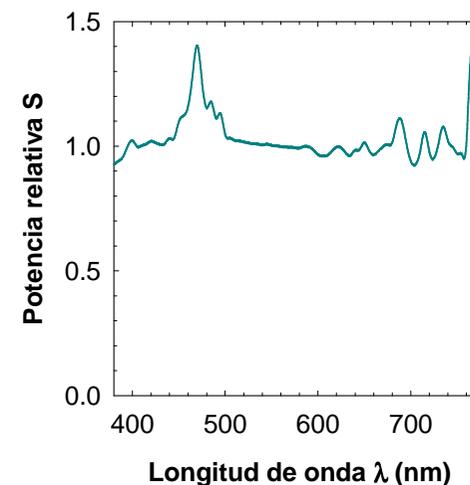
### Illuminantes tipo-F



Lámpara HMI  
(halogenuros metálicos  
con vapor de Hg)

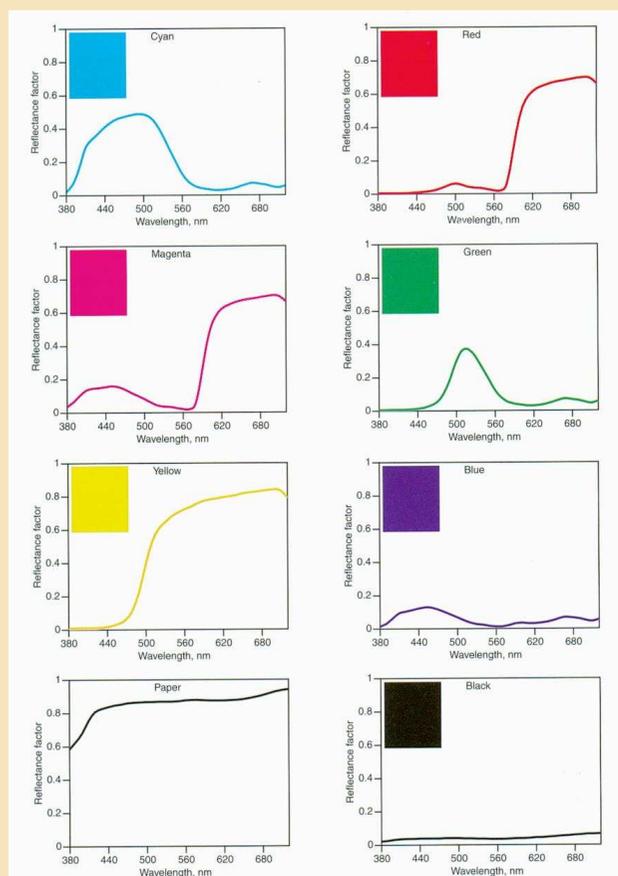


Lámpara de Xe

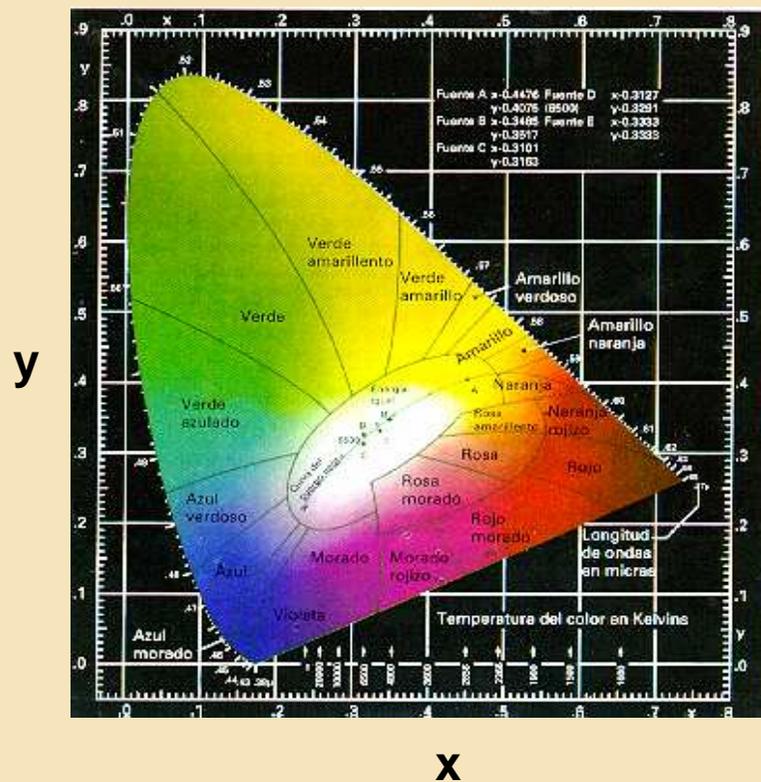


# Principios fundamentales en Ciencia del Color multi-espectral

## ■ Tipos de objetos:



## Representación e interpretación

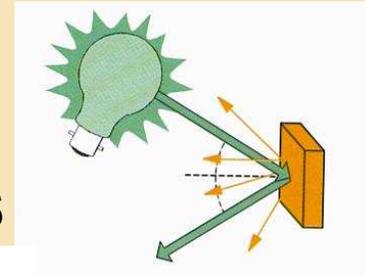


# Principios fundamentales en Ciencia del Color multi-espectral

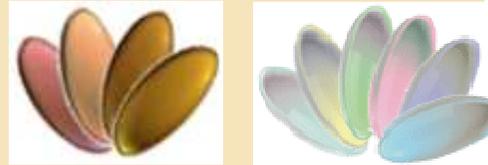
## ■ Objetos especiales:

### □ Fluorescencia/Fosforescencia:

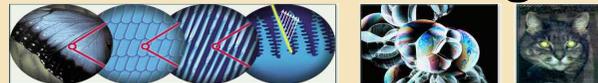
- conversión de radiación UV o IR a VIS



### □ Goniocromatismo:



- Cambio de color según dirección de mirada



### □ Termocromismo:

- Cambio de color por variación de temperatura

### □ Bioluminiscencia:

- Generación de luz por reacciones bioquímicas



### □ Etc



# Principios fundamentales en Ciencia del Color multi-espectral

- ¿Qué es lo que se mide? ¿Y cómo?

$$X = k \sum_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S(\lambda)\rho(\lambda)\bar{x}(\lambda)\Delta\lambda, \quad Y = k \sum_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S(\lambda)\rho(\lambda)\bar{y}(\lambda)\Delta\lambda, \quad Z = k \sum_{380\text{nm}}^{780\text{nm}} S(\lambda)\rho(\lambda)\bar{z}(\lambda)\Delta\lambda$$

**Objeto:**

opaco  $\rho(\lambda)$ , transparente  $\tau(\lambda)$

**Fuente de luz:**

Lámpara  $P_e(\lambda)$  / iluminante (A, D65 etc):  $S(\lambda) \rightarrow$  tablas

**Observador:**

funciones de igualación CIE-1931 XYZ  $\rightarrow$  tablas

**Geometría de la medida**



# Principios fundamentales en Ciencia del Color multi-espectral

## ■ Instrumentos de medida:

### □ Tele-espectroradiómetro:

- $S(\lambda)$ ,  $\rho(\lambda)$  y  $\tau(\lambda)$

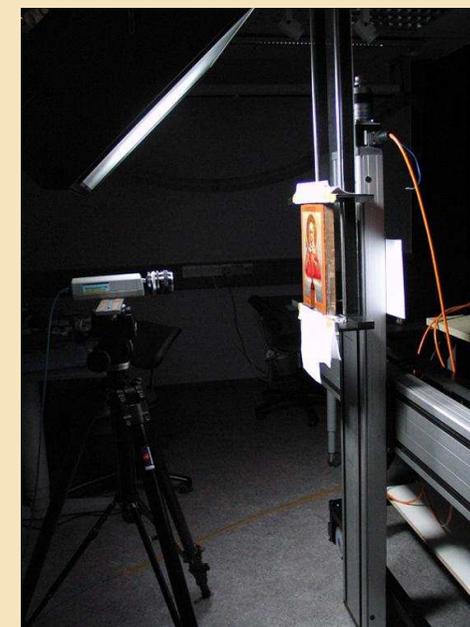
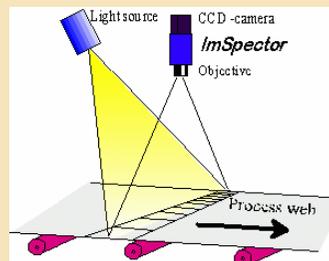


### □ Espectrofotómetro: $\rho(\lambda)$ y $\tau(\lambda)$



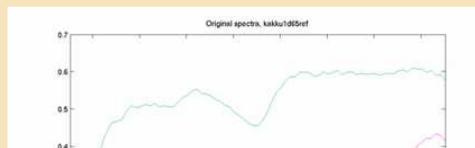
### □ Cámara multi-espectral:

- $\rho(\lambda)$



# Principios fundamentales en Ciencia del Color multi-espectral

- Aplicaciones típicas:
  - Evaluación de imágenes



**Multi-Channel  
Visible Spectrum Imaging**



**Digital  
Archiving**

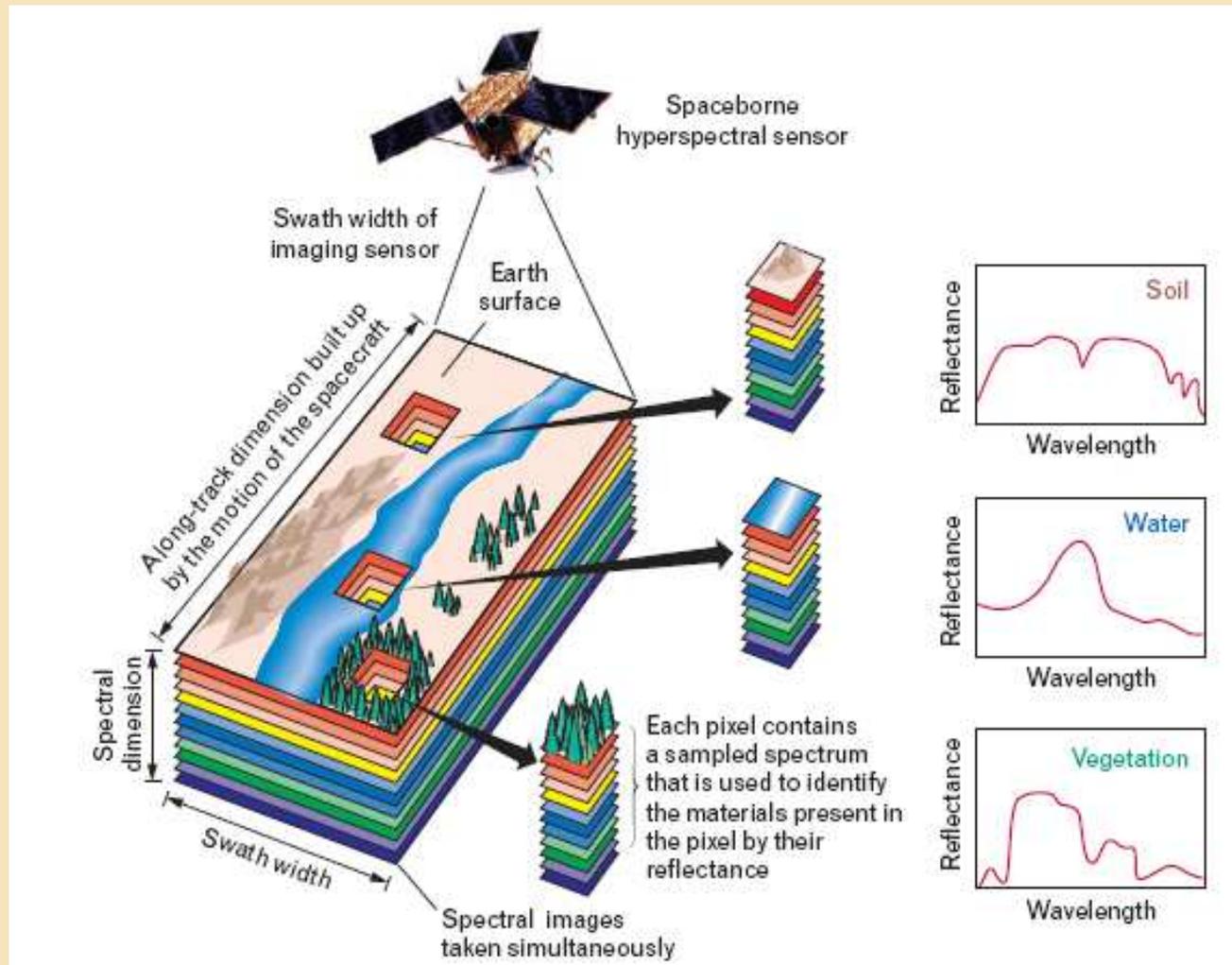
```
10100101001  
11010101101  
01101010011  
10110010101  
10101100101  
01000101010  
00
```



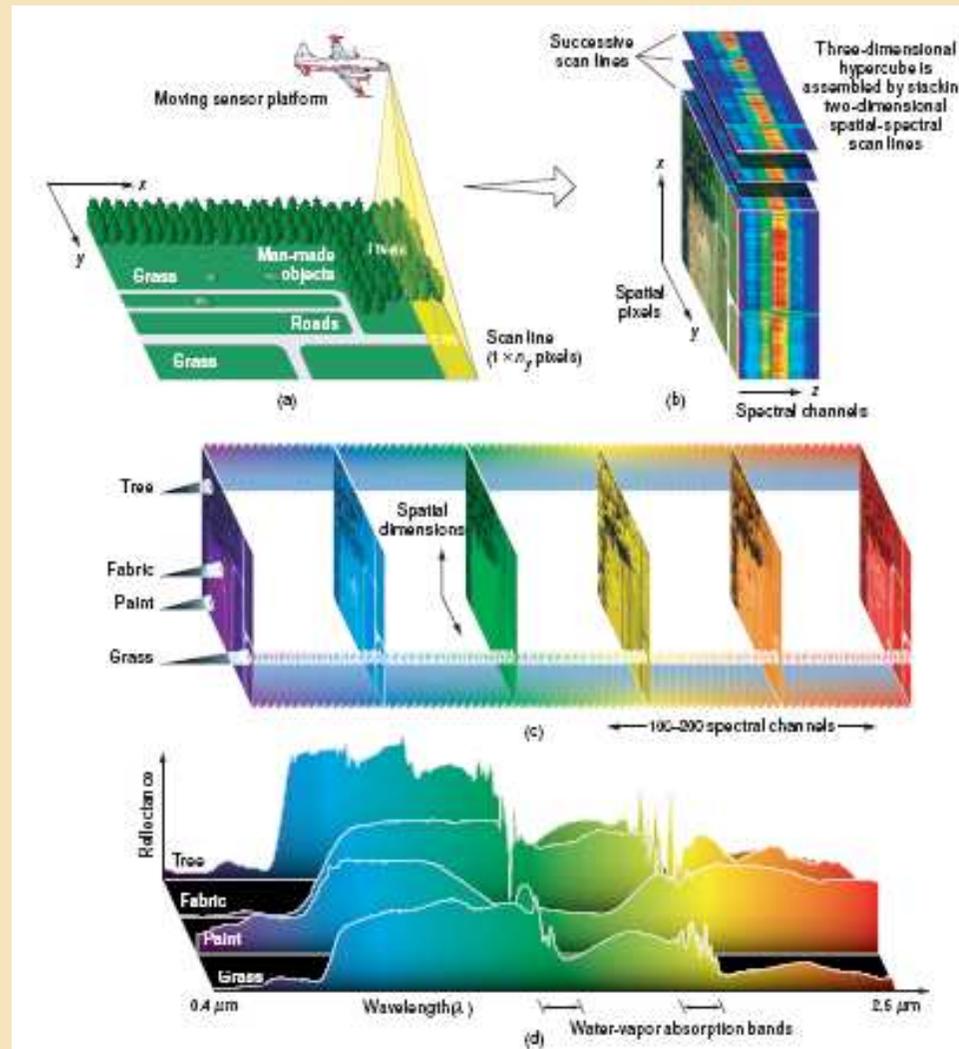
**and  
Reproduction**



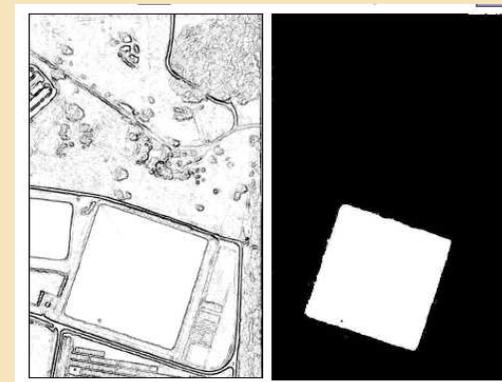
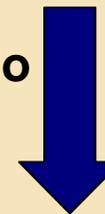
# Aplicaciones en Biología de la Ciencia del Color multi-espectral



# Aplicaciones en Biología de la Ciencia del Color multi-espectral

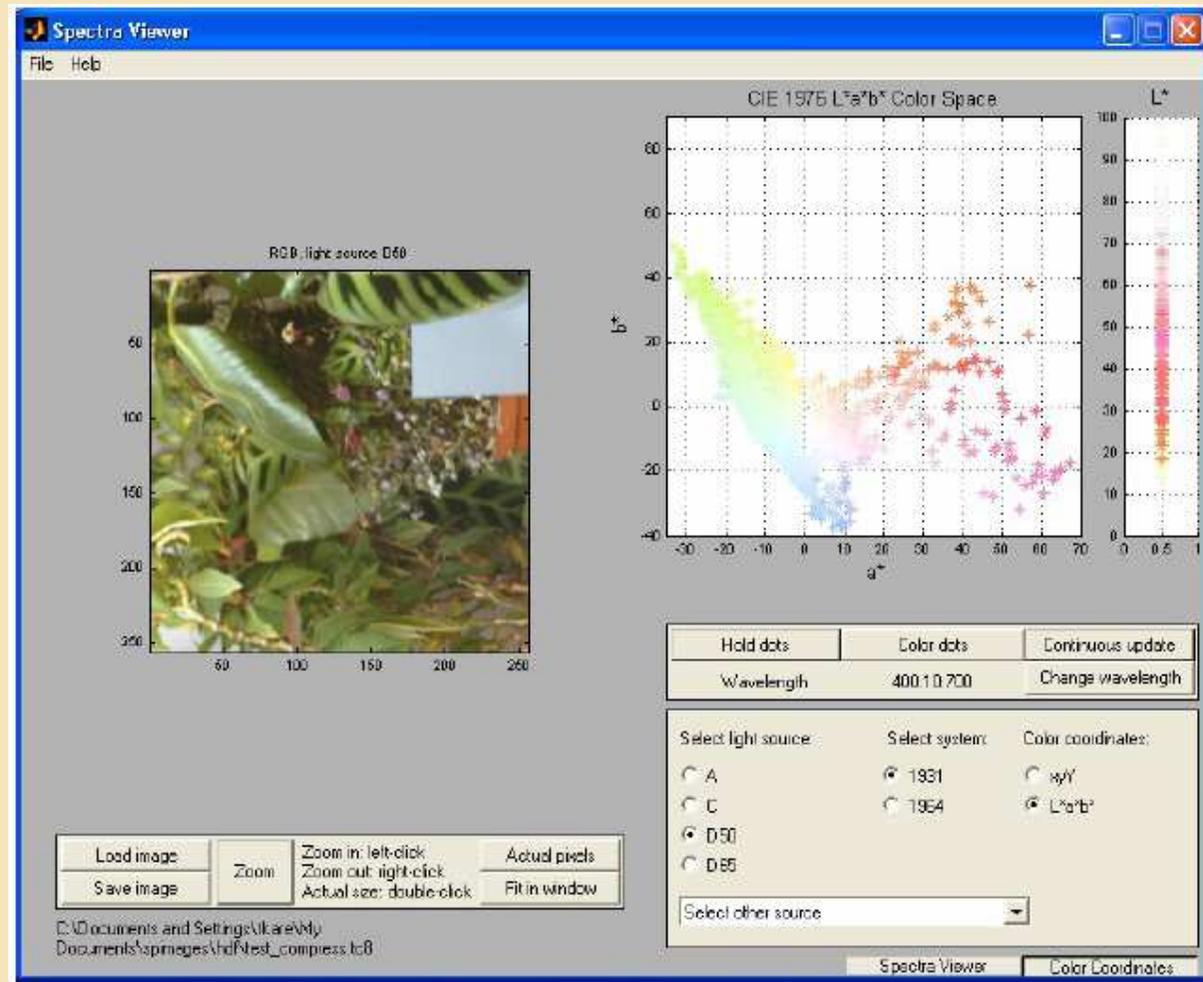


Procesado  
digital



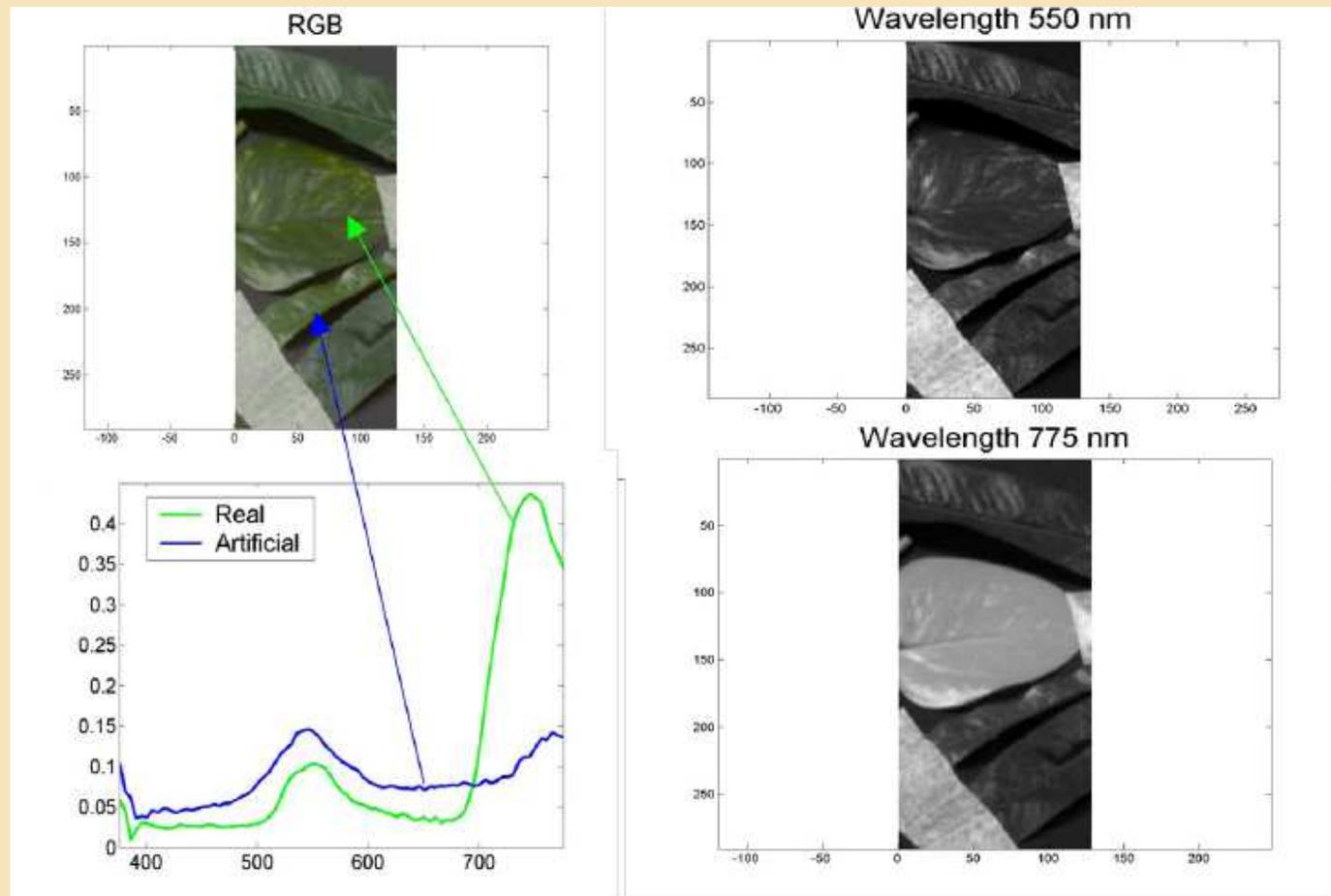
# Aplicaciones en Biología de la Ciencia del Color multi-espectral

## Gamas de colores de una imagen



# Aplicaciones en Biología de la Ciencia del Color multi-espectral

## Detección espectral de diferencias no visibles



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



# Aplicaciones en Biología de la Ciencia del Color multi-espectral

- Control de calidad en química/farmacia
- Análisis en biología/bioquímica
- Control de calidad en agricultura
- Diagnósis en ciencias biomédicas
- Sistemas de vigilancia/seguimiento medioambientales
- Aplicaciones en UV e IR convertido a VIS
- ?????

<http://www.thinkspectrally.com/>

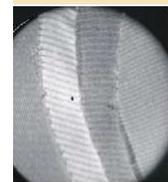
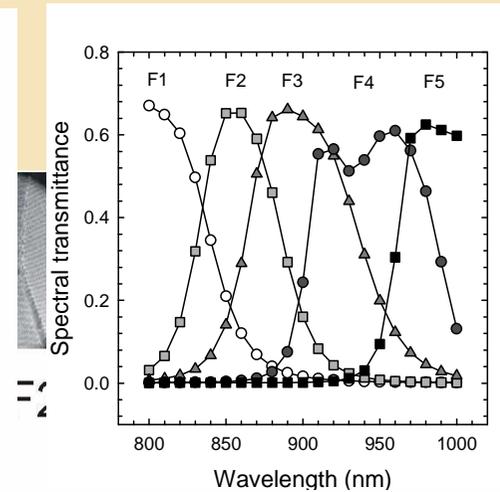
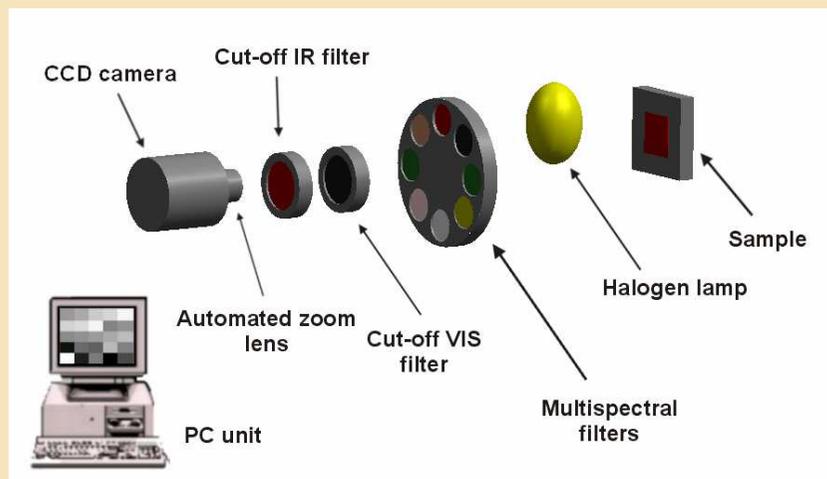


Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

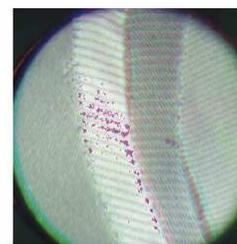
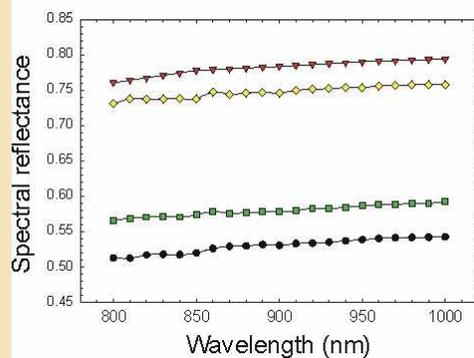


# Aplicaciones en Biología de la Ciencia del Color multi-espectral

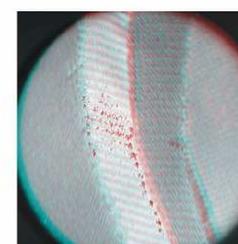
- Conversión de imágenes multi-espectrales UV-VIS-IR a imágenes pseudo-coloreadas



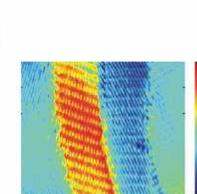
Im\_F5



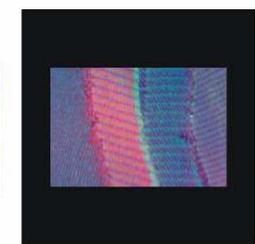
Linear combination



Complement. colors



PCA V1-Palette



PCA V1-R V2-G V3-B

# Aplicaciones en Biología de la Ciencia del Color multi-espectral

- **Resumen de tareas a realizar con datos multi-espectrales:**
  - 1. Medida/captura de información espectral
  - 2. Pre-procesado de los datos:
    - Radiométrico, geométrico y goniométrico
  - 3. Codificación/definición de características
    - Presentes y ocultas
    - Necesario usar métodos matemáticos
  - 4. Extracción de propiedades/relaciones
    - Reconocimiento/representación de patrones
  - 5. Interpretación de los resultados
    - **Percepción visual no biológica**



# Conclusiones

- La interacción luz-materia-ojo es importante en Biología
- **PERO**, requiere para su comprensión y el control de aplicaciones enfoques:
  - INTER-DISCIPLINAR: “necesita de”
  - MULTI-DISCIPLINAR: “aplicable a”
- Principios de aplicaciones en Biología:
  - **Colorimétrico:**
    - Apoyo a procesos de percepción visual biológica
  - **Espectral:**
    - Extracción de información y relaciones a partir de la interacción luz-materia (percepción **no** biológica)



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante



Ámbito  
Investigador  
y  
docente  
del  
GVC-UA

¡¡ Contad con nosotros !!  
[http://www.ua.es/area/vision\\_color](http://www.ua.es/area/vision_color)  
[verdu@ua.es](mailto:verdu@ua.es)

Grupo Visión y Color - Windows Internet Explorer

[http://www.ua.es/area/vision\\_color/](http://www.ua.es/area/vision_color/)

Google

Google

Marcadores PageRank Pop-ups permitidos Corrector ortográfico Traducir Enviar a Configuración

Grupo Visión y Color

 **GRUPO VISIÓN Y COLOR**  **Universitat d'Alacant**  
Universidad de Alicante  
Depto. de Óptica, Farmacología y Anatomía

GRUPO  
VISIÓN  
COLOR  
PUBLICACIONES  
CAPACIDADES  
ENLACES

**PRESENTACIÓN**

A principios del año 2002, un pequeño grupo de profesores titulares del departamento de Óptica de la Universidad de Alicante reunimos nuestros intereses investigadores y nos constituimos como grupo de investigación en temas relacionados con la visión y el color.



**POSTGRADO UA-UPC DE TECNOLOGÍA DEL COLOR Y FOTOMETRÍA CURSO 2007-2008**

Pre-inscripción abierta en la UPC  
Septiembre 2007 - Junio 2008

"Pre-inscripción abierta" para el grupo intensivo  
Junio-Julio 2008



**SEMINARIO TÉCNICO DE COLORES ESPECIALES**

Alicante, 5 Julio 2006

Internet 100%

