

La Importancia De La Calibración De Color En Agricultura

Métodos Prácticos y Aplicaciones
Francisco Carlos Calderon. Ph.D
30, Septiembre 2024

Introducción

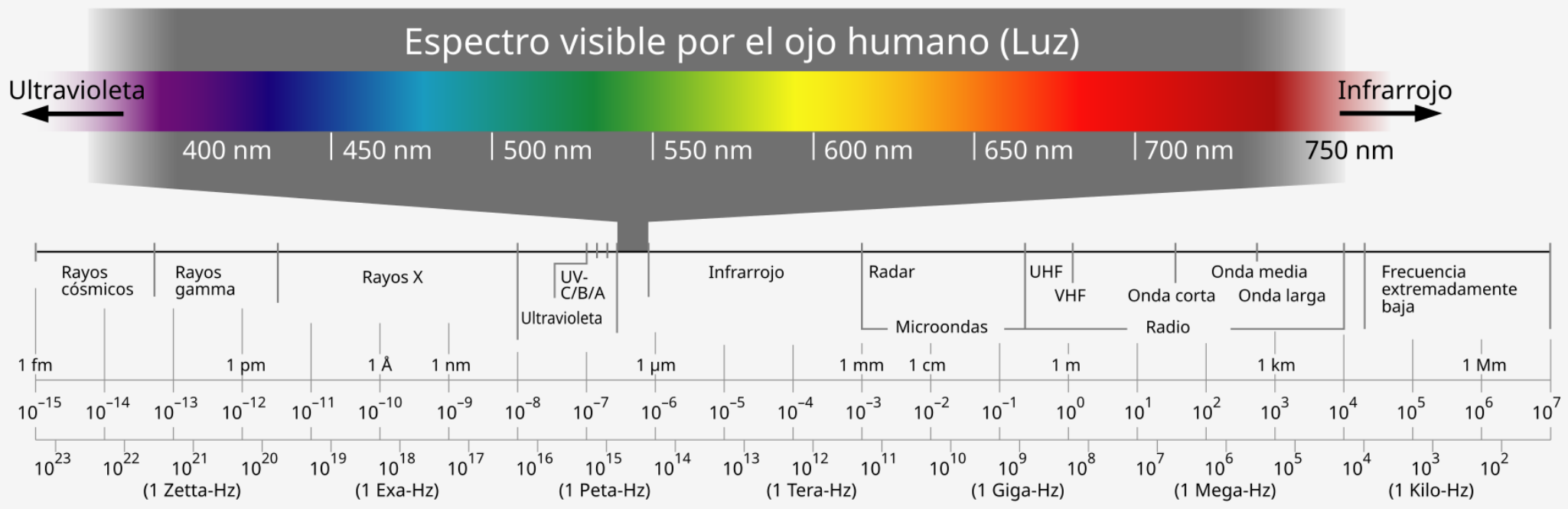
- La fotografía en color (RGB) es esencial para el monitoreo y la evaluación agrícola.
- Permite la estimación precisa del estado de cultivos, semillas y frutos.
- La calibración de color garantiza que las imágenes sean confiables.



An abstract background featuring a central square prism that refracts light into a spectrum of colors. The light rays are depicted as broad, overlapping bands of color (red, orange, yellow, green, blue, purple) that radiate outwards from the prism, creating a dynamic and artistic representation of light dispersion.

¿Qué es el color?

- El color es la percepción visual generada por la interacción de la luz con los conos en el ojo humano.
- En el espectro visible, la luz se divide en longitudes de onda específicas, que son percibidas como diferentes colores.
- Los humanos hemos evolucionado para ver en esta región porque es dónde la atmósfera de la Tierra permite que pase más luz sin dispersarla aprox 550nm.
- Esto ha permitido que nuestros ojos se adapten a esta banda de longitudes de onda, conocida como el **espectro visible**.



Fotografía en el espectro visible (RGB)

- **Características del RGB:**
 - Captura de detalles en el espectro visible 380 nm (violeta) hasta los 700 nm (rojo).
 - Fácil acceso con cámaras convencionales.
 - Ideal para identificar anomalías en cultivos o muestras.



Aplicaciones del RGB en la agricultura

- Evaluación de la salud y estado de semillas, frutos y flores.
- Detección de plagas o enfermedades a través de análisis de color.
- Monitoreo del estado general del cultivo.

Relación del espectro visible con la agricultura

ROBOMECH Journal

About [Articles](#) [Submission Guidelines](#)

[Submit manuscript](#)

Research Article | [Open access](#) | Published: 28 May 2022

Fruit recognition method for a harvesting robot with RGB-D cameras

[Takeshi Yoshida](#) , [Takuya Kawahara](#) & [Takanori Fukao](#)

[ROBOMECH Journal](#) **9**, Article number: 15 (2022) | [Cite this article](#)

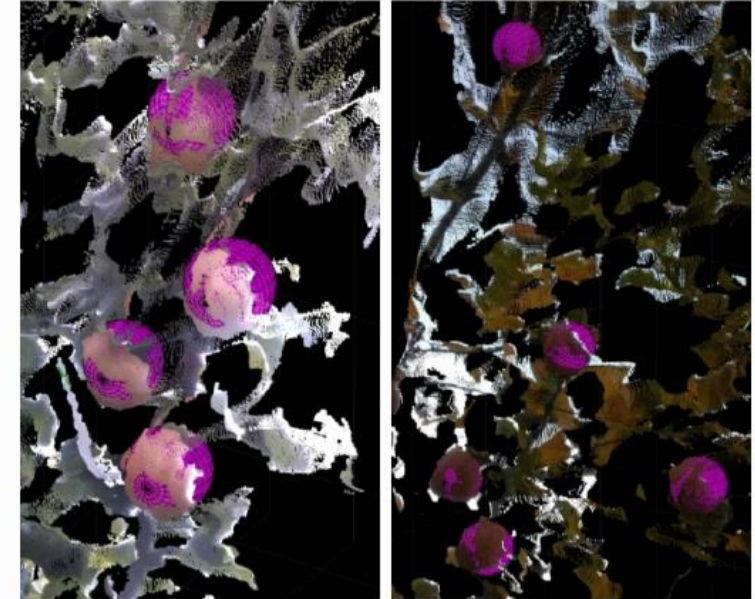
5744 Accesses | 19 Citations | [Metrics](#)



(a) Pear

(b) Apple

Fig. 12



(a) Pear

(b) Apple

Relación del espectro visible con la agricultura



Computers and Electronics in Agriculture

Volume 203, December 2022, 107396



Original papers

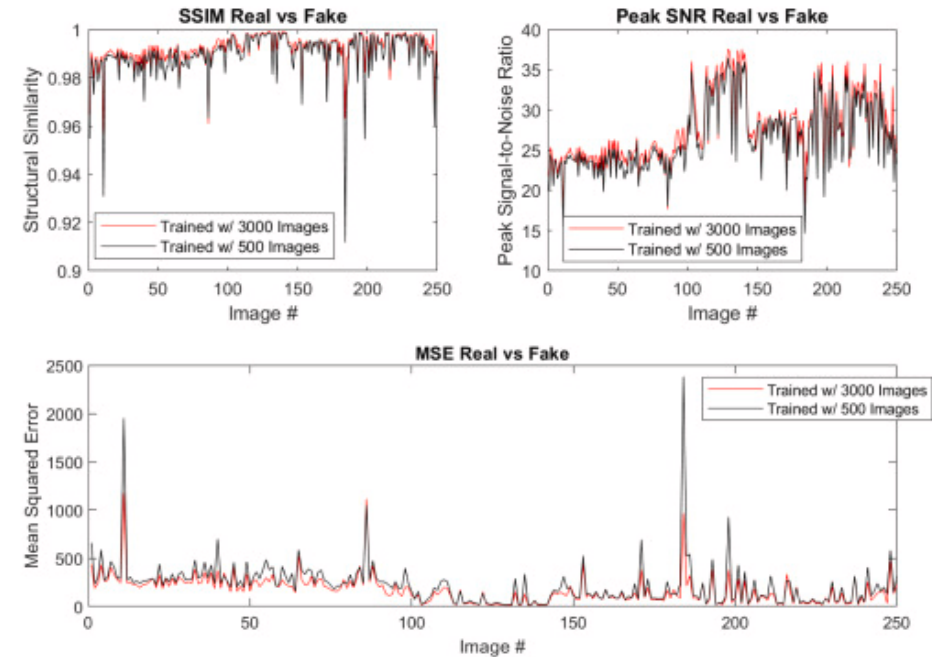
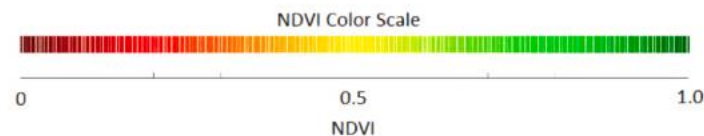
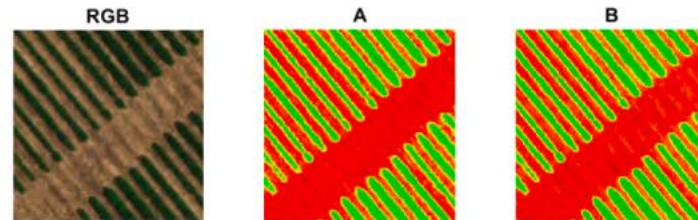
NDVI/NDRE prediction from standard RGB aerial imagery using deep learning

Corey Davidson ^a, Vishnu Jaganathan ^d, Arun Narenthiran Sivakumar ^a,
Joby M. Prince Czarnecki ^c, Girish Chowdhary ^{a, b}

Show more

+ Add to Mendeley Share Cite

<https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107396>



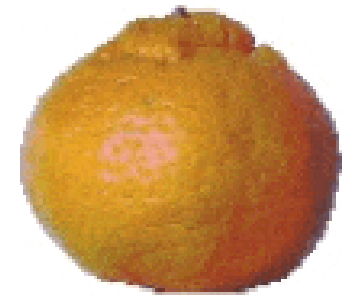
Download: [Download high-res image \(508KB\)](#)

Download: [Download full-size image](#)

Fig. 11. A comparison of the three accuracy metrics between a trial consisting of 3000 training images and the average of the trials consisting of 500 training images.

Comparación entre imágenes de laboratorio y campo

- **Laboratorio:**
 - Iluminación controlada.
 - Resultados más precisos.
- **Campo:**
 - Iluminación variable (sol, sombras).
 - Corrección de color más desafiante.





Importancia de la corrección de color en imágenes agrícolas

- Asegura consistencia entre las imágenes tomadas en campo y laboratorio.
- Mejora la precisión en la estimación de la salud del cultivo.
- Permite comparar imágenes tomadas en diferentes condiciones.

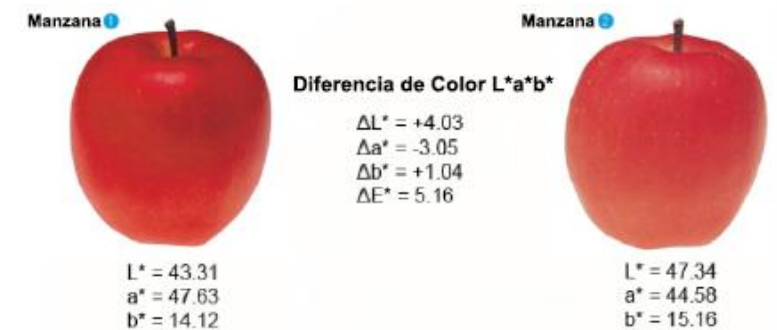
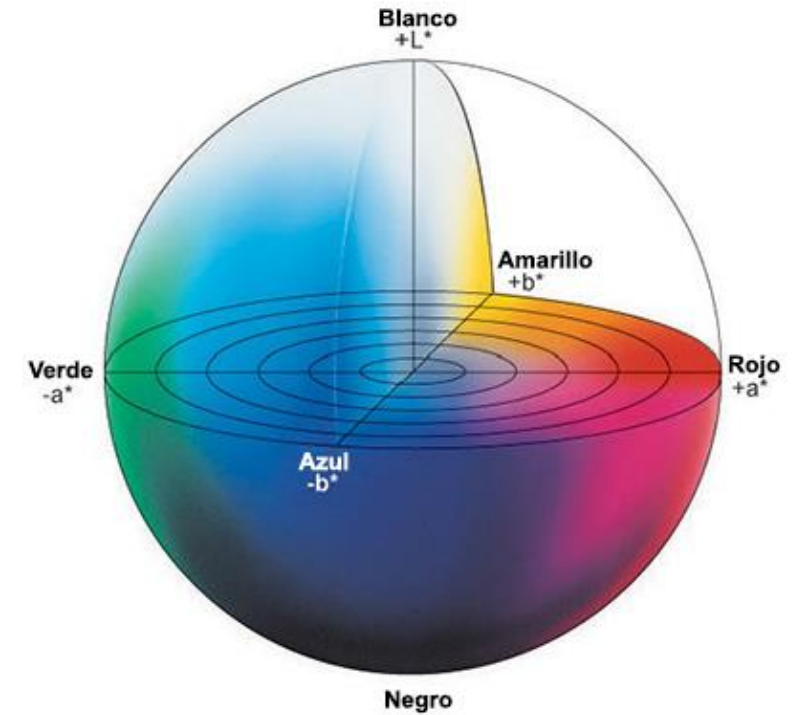
Definición de espacio de color

- Un espacio de color es un modelo matemático que representa la forma en que los colores pueden reproducirse mediante combinaciones de componentes base.
- Ejemplos comunes incluyen CIELAB, CMYK, RGB y XYZ.



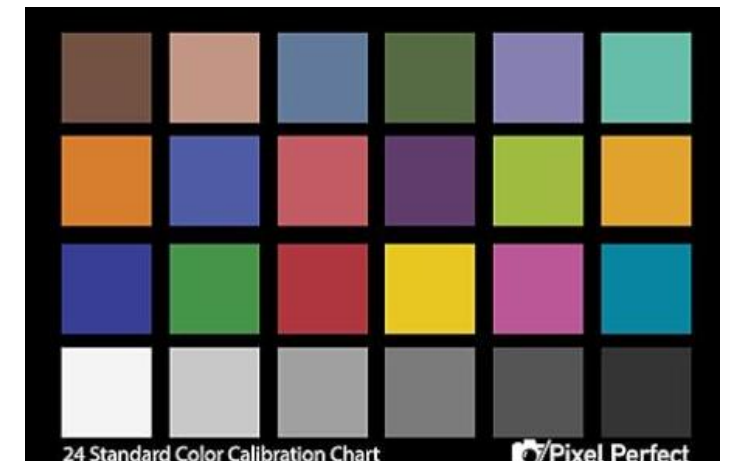
Espacio de color CIELAB

- CIELAB es perceptualmente uniforme, lo que lo hace adecuado para estudios de color.
- Se compone de L^* (luminosidad), a^* (eje verde-rojo) y b^* (eje azul-amarillo).
- Utilizado para calibrar la percepción del color en distintos dispositivos.



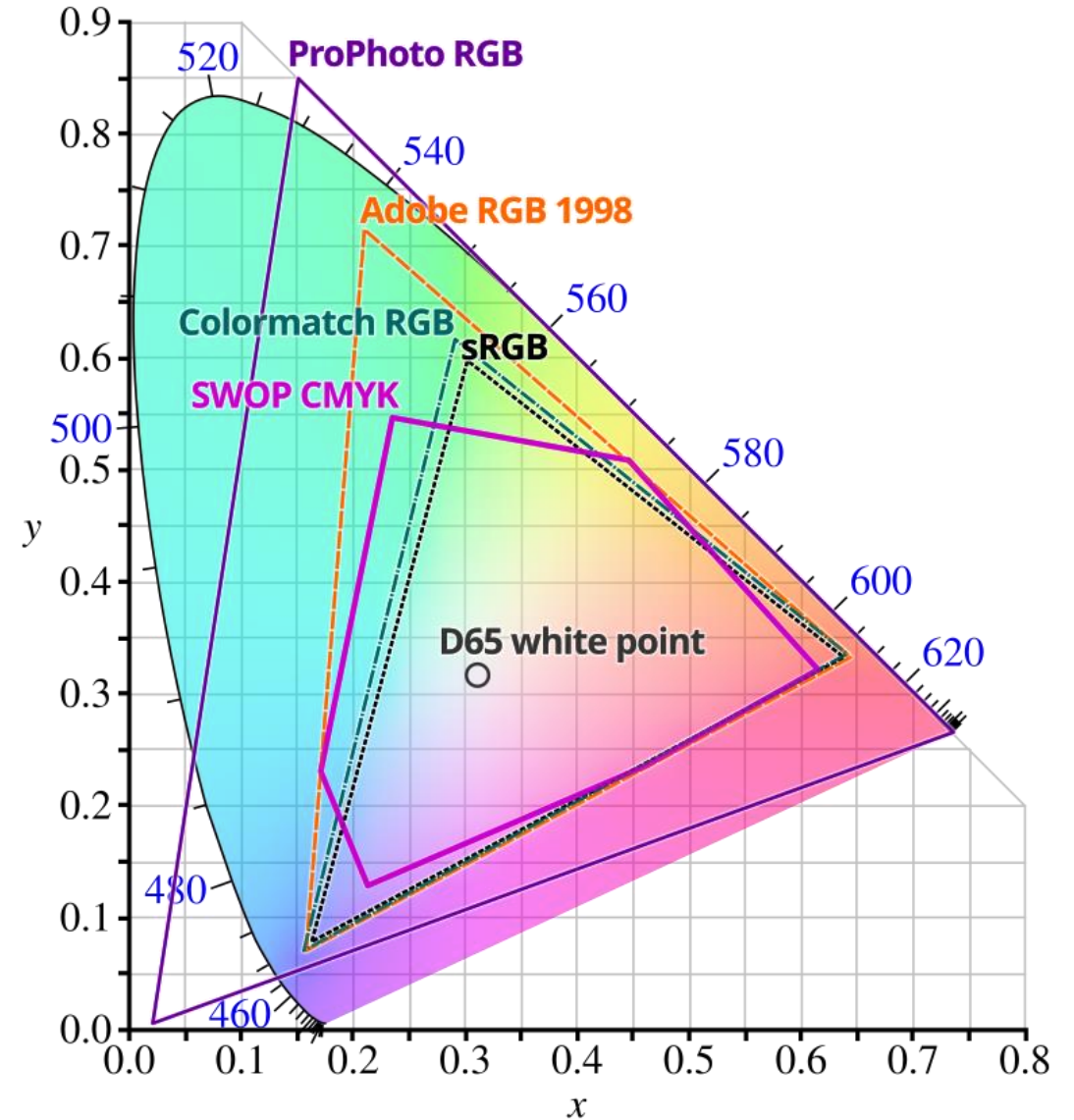
Espacio de color CMYK

- El modelo CMYK es sustractivo, utilizado principalmente en la impresión.
- La luz se resta de los colores cian, magenta, amarillo y negro.
- Aplicación en agricultura:
 - Impresión de imágenes de cultivos para análisis físico.
 - RHS Colour Chart (Carta de Colores de la RHS)
 - Pantone Chart
 - Tableros de calibración de color.



Espacio de color RGB

- El modelo RGB es aditivo, basado en la combinación de luces roja, verde y azul.
- Utilizado ampliamente en pantallas digitales.
- Aplicación en imágenes agrícolas:
 - Análisis de cultivos con cámaras convencionales.
 - Captura y reproducción de imágenes.



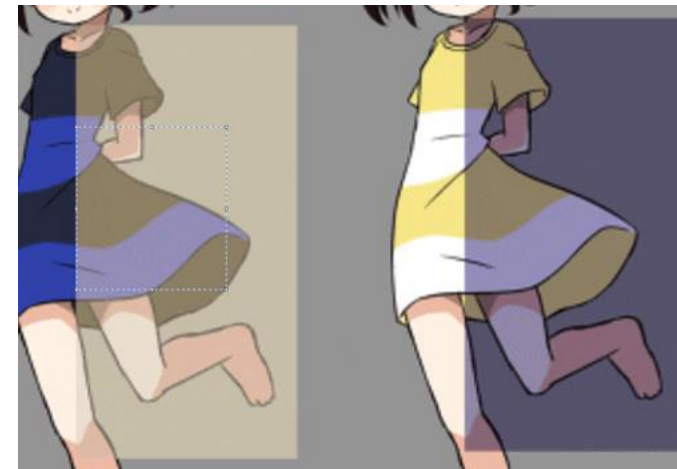
Punto de blanco, Iluminación disponible

- El punto blanco define la referencia de blanco bajo una fuente de luz específica.
- Los iluminantes estándar de la CIE (como D50, D65) proporcionan puntos de referencia para la calibración de imágenes.

Iluminante	Coordenadas XYZ	Temperatura de Color
CIE A	[1.0985, 1.0000, 0.3558]	2856 K
CIE D50	[0.9642, 1.0000, 0.8251]	5003 K
CIE D65	[0.9504, 1.0000, 1.0888]	6504 K

Balance de blancos

- El balance de blancos corrige las diferencias de color provocadas por la temperatura de la luz.
- Es esencial para mantener la coherencia en la captura de imágenes.
- Es necesario seleccionar el balance de blancos en el proceso de compresión de la imagen a JPG.



¿Como calibrar el color en una imagen?

1. Identificar la temperatura de la fuente de luz.
 - En exteriores, ¡si es posible! Medirla
 - En interiores, usar una fuente de luz conocida.
Ej:5000K
2. Seleccionar de forma adecuada del balance de blancos.
3. Tomar una foto al patrón conocido
 - El patrón en la misma toma.
 - El patrón al inicio y mantener las condiciones similares
4. Usar esta foto para calibrar la escena.



Nuevo



Sekonic Spectromaster C-700 Fotómetro Espectrómetro

\$ 20.299.000
en 36 cuotas de \$ 563.861

[Ver los medios de pago](#)

Llega gratis el miércoles 16 de octubre
Comprando dentro de las próximas 4 h 53 min
[Más formas de entrega](#)

Disponible 17 días después de tu compra

Cantidad: 1 unidad ▾ (+50 disponibles)

Comprar ahora

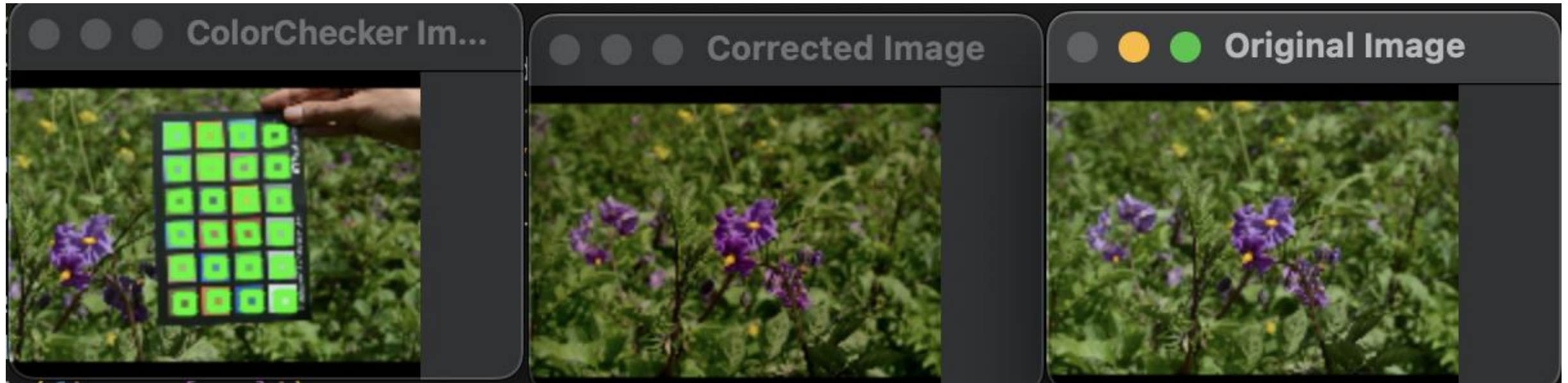
Agregar al carrito



Pixel Perfect Tarjeta de corrección de color de cámara – 4x6 para foto y video –
Herramienta de referencia Tarjeta gris Objetivo Blanco Balance Exposición
★★★★☆ 335
100+ comprados el mes pasado
-15% US\$ **16⁹⁹** US\$19.99
Recíbelo el **domingo, 6 de octubre**
Envío GRATIS en pedidos mayores a US\$35 enviados por Amazon

Agregar al Carrito

Ejemplo



Software de código libre para corregir el color



- OpenCV CCM:
- La corrección de color ajusta la respuesta de color de dispositivos de entrada y salida a un estado conocido. El dispositivo calibrado se llama fuente de calibración y el espacio de color estándar es el objetivo de calibración “calibration target.”.
- https://docs.opencv.org/4.x/de/df4/group_color_correction.html

Creación del Modelo

```
# Crear un detector de ColorChecker
detector = cv2.mcc.CCheckerDetector_create()

# Procesar la imagen para detectar el ColorChecker
detected = detector.process(image, cv2.mcc.MCC24, 1)
```

```
# Crear el modelo de corrección de color
model = cv2.ccm_ColorCorrectionModel(color_patches, cv2.ccm.COLORCHECKER_Macbeth)
```

- Se crea una instancia del modelo de corrección de color utilizando los parches de color detectados y el patrón de referencia *COLORCHECKER_Macbeth*

Macbeth and Vinyl ColorChecker with 2deg D50.

Enumerator	
COLORCHECKER_Macbeth Python: cv.ccm.COLORCHECKER_Macbeth	Macbeth ColorChecker.
COLORCHECKER_Vinyl Python: cv.ccm.COLORCHECKER_Vinyl	DKK ColorChecker.
COLORCHECKER_DigitalSG Python: cv.ccm.COLORCHECKER_DigitalSG	DigitalSG ColorChecker with 140 squares.

Configuración del Espacio de Color

```
model.setColorSpace(cv2.ccm.COLOR_SPACE_sRGB)
```

Configura el espacio de color a sRGB, que es el estándar para la mayoría de las aplicaciones y dispositivos, sin embargo, hay muchos disponibles para configurar.

https://docs.opencv.org/4.x/de/df4/group_color_correction.html#ga42184f42d54a04bea24902e4d20d8f46

◆ COLOR_SPACE

enum cv::ccm::COLOR_SPACE

```
#include <opencv2/mcc/ccm.hpp>
```

Enumerator

COLOR_SPACE_sRGB Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_sRGB	https://en.wikipedia.org/wiki/SRGB , RGB color space
COLOR_SPACE_sRGBL Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_sRGBL	https://en.wikipedia.org/wiki/SRGB , linear RGB color space
COLOR_SPACE_AdobeRGB Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_AdobeRGB	https://en.wikipedia.org/wiki/Adobe_RGB_color_space , RGB color space
COLOR_SPACE_AdobeRGBL Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_AdobeRGBL	https://en.wikipedia.org/wiki/Adobe_RGB_color_space , linear RGB color space
COLOR_SPACE_WideGamutRGB Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_WideGamutRGB	https://en.wikipedia.org/wiki/Wide-gamut_RGB_color_space , RGB color space
COLOR_SPACE_WideGamutRGBL Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_WideGamutRGBL	https://en.wikipedia.org/wiki/Wide-gamut_RGB_color_space , linear RGB color space
COLOR_SPACE_ProPhotoRGB Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_ProPhotoRGB	https://en.wikipedia.org/wiki/ProPhoto_RGB_color_space , RGB color space
COLOR_SPACE_ProPhotoRGBL Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_ProPhotoRGBL	https://en.wikipedia.org/wiki/ProPhoto_RGB_color_space , linear RGB color space
COLOR_SPACE_DCI_P3_RGB Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_DCI_P3_RGB	https://en.wikipedia.org/wiki/DCI-P3 , RGB color space
COLOR_SPACE_DCI_P3_RGBL Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_DCI_P3_RGBL	https://en.wikipedia.org/wiki/DCI-P3 , linear RGB color space
COLOR_SPACE_AppleRGB Python: cv.ccm.COLOR_SPACE_AppleRGB	https://en.wikipedia.org/wiki/RGB_color_space , RGB color space

Tipo de Matriz de Corrección (CCM)

```
model.setCCM_TYPE(cv2.ccm.CCM_3x3)
```

- Establece el tipo de matriz de corrección de color a una matriz de 3x3.
- Una matriz 3x3 es común para transformaciones lineales en el espacio de color RGB.

◆ CCM_TYPE

enum cv::ccm::CCM_TYPE

```
#include <opencv2/mcc/ccm.hpp>
```

Enum of the possible types of ccm.

Enumerator

CCM_3x3

Python: cv.ccm.CCM_3x3

The CCM with the shape 3×3 performs linear transformation on color values.

CCM_4x3

Python: cv.ccm.CCM_4x3

The CCM with the shape 4×3 performs affine transformation.

Método de distancia

```
model.setDistance(cv2.ccm.DISTANCE_CIE2000)
```

- Utiliza el método de distancia *CIE2000*, que es un modelo avanzado para medir diferencias de color percibidas.
- Ayuda a minimizar la diferencia entre los colores corregidos y los colores de referencia.

Más sobre la CIE2000 <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/caracteristicas-de-la-formula-cie-2000-para-diferenciar-color/>

◆ DISTANCE_TYPE

enum cv::ccm::DISTANCE_TYPE

```
#include <opencv2/mcc/ccm.hpp>
```

Enum of possible functions to calculate the distance between colors.

See https://en.wikipedia.org/wiki/Color_difference for details

Enumerator

DISTANCE_CIE76 Python: cv.ccm.DISTANCE_CIE76	The 1976 formula is the first formula that related a measured color difference to a known set of CIELAB coordinates.
DISTANCE_CIE94_GRAPHIC_ARTS Python: cv.ccm.DISTANCE_CIE94_GRAPHIC_ARTS	The 1976 definition was extended to address perceptual non-uniformities.
DISTANCE_CIE94_TEXTILES Python: cv.ccm.DISTANCE_CIE94_TEXTILES	
DISTANCE_CIE2000 Python: cv.ccm.DISTANCE_CIE2000	
DISTANCE_CMC_1TO1 Python: cv.ccm.DISTANCE_CMC_1TO1	In 1984, the Colour Measurement Committee of the Society of Dyers and Colourists defined a difference measure, also based on the L*C*h color model.
DISTANCE_CMC_2TO1 Python: cv.ccm.DISTANCE_CMC_2TO1	
DISTANCE_RGB Python: cv.ccm.DISTANCE_RGB	Euclidean distance of rgb color space.
DISTANCE_RGBL Python: cv.ccm.DISTANCE_RGBL	Euclidean distance of rgbl color space.

Linealización de la Cámara

```
model.setLinear(cv2.ccm.LINEARIZATION_GAMMA)
```

- Permite aplicar diferentes métodos de **linealización** en el proceso de corrección de color.
- La **linealización** es importante en la corrección de color porque muchos dispositivos de captura, como cámaras, no representan la luz de manera lineal, sino que aplican alguna forma de curva de respuesta no lineal, como el **gamma**

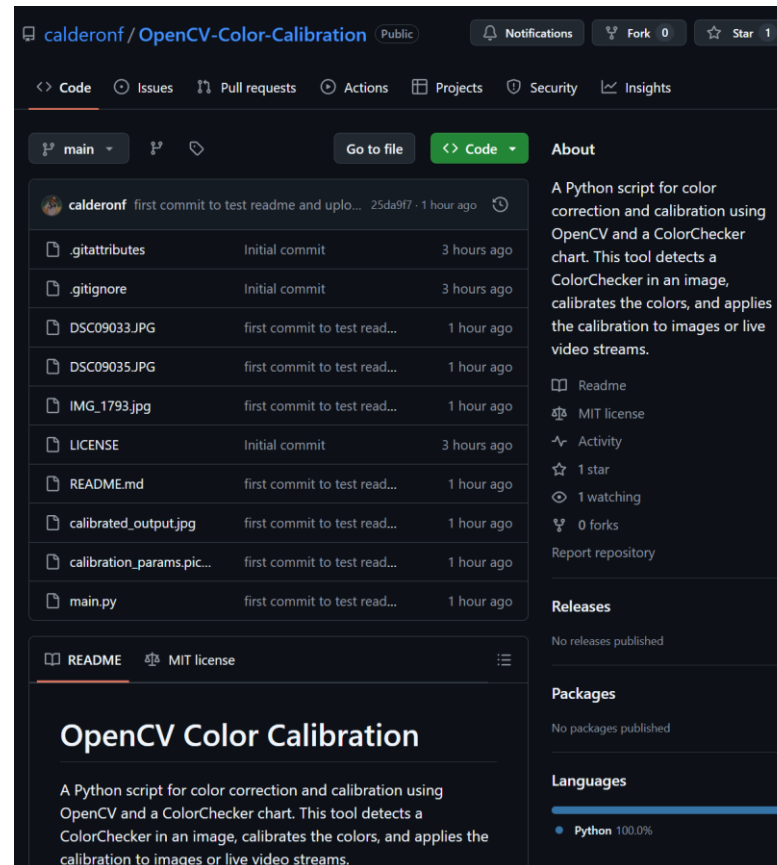
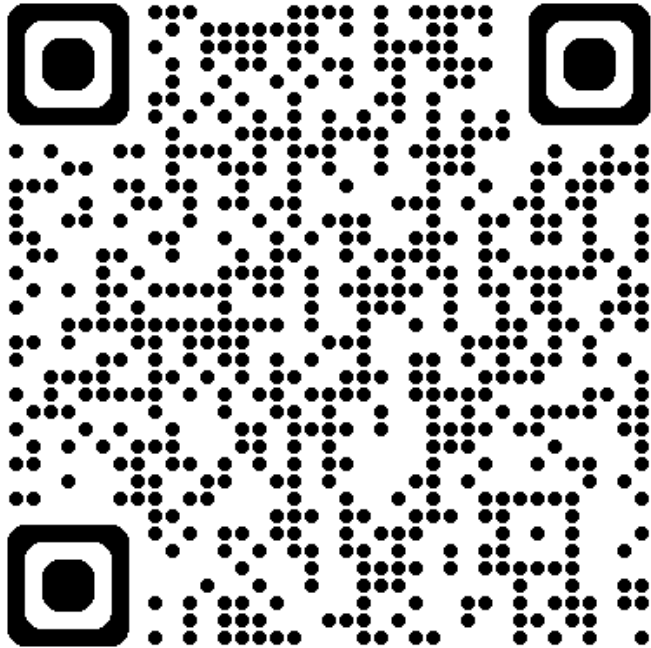
Enumerator	
LINEARIZATION_IDENTITY Python: cv.ccm.LINEARIZATION_IDENTITY	no change is made
LINEARIZATION_GAMMA Python: cv.ccm.LINEARIZATION_GAMMA	gamma correction; Need assign a value to gamma simultaneously
LINEARIZATION_COLORPOLYFIT Python: cv.ccm.LINEARIZATION_COLORPOLYFIT	polynomial fitting channels respectively; Need assign a value to deg simultaneously
LINEARIZATION_COLORLOGPOLYFIT Python: cv.ccm.LINEARIZATION_COLORLOGPOLYFIT	logarithmic polynomial fitting channels respectively; Need assign a value to deg simultaneously
LINEARIZATION_GRAYPOLYFIT Python: cv.ccm.LINEARIZATION_GRAYPOLYFIT	grayscale polynomial fitting; Need assign a value to deg and dst_whites simultaneously
LINEARIZATION_GRAYLOGPOLYFIT Python: cv.ccm.LINEARIZATION_GRAYLOGPOLYFIT	grayscale Logarithmic polynomial fitting; Need assign a value to deg and dst_whites simultaneously

Ver más en:

https://docs.opencv.org/4.x/de/df4/group_color_correction.html#gafe5da1d946c69c97d42acddd476cc89b

Ejemplo práctico disponible en Github

Disponible en : <https://github.com/calderonf/OpenCV-Color-Calibration>





Recomendaciones

- **Calibra tu cámara antes de cada sesión:** Utiliza una carta de calibración de color para ajustar las cámaras antes de tomar imágenes. Esto es especialmente importante en exteriores con luz cambiante.
- **Ajusta el balance de blancos:** Configura el balance de blancos manualmente o usando herramientas automáticas para que coincida con la temperatura de color de la luz disponible.
- **Captura en formato RAW:** Siempre que sea posible, captura las imágenes en formato RAW para obtener más flexibilidad y precisión en la corrección de color en la postproducción.



Conclusiones

- **Precisión en la evaluación agrícola:** La calibración de color garantiza que las imágenes reflejen fielmente el estado de los cultivos, lo que mejora la precisión en la identificación de plagas, enfermedades y anomalías.
- **Estandarización de datos:** Calibrar las cámaras asegura que los datos sean comparables a lo largo del tiempo y entre diferentes ubicaciones, estandarizando los resultados.
- **Mejora en la toma de decisiones:** Información precisa derivada de imágenes calibradas permite tomar decisiones más acertadas en la gestión de cultivos y optimización de recursos.

Gracias

