VOLUMEN 48
XXXI Verano De la Ciencia
ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

Caracterización del proceso de maduración de fruta mediante procesamiento digital de imágenes

Daniel López Cabrera[1], Valeria Hernández Guerrero[2], Fernando Barrón Robledo[2]
[1]Escuela de Nivel Medio Superior de León. d.lopezcabrera@ugto.mx
[2]Escuela de Nivel Medio Superior de León Centro Histórico. v.hernandez.guerrero@ugto.mx, f.barron.robledo@ugto.mx

Resumen

La maduración de las frutas es un proceso biológico que implica cambios físicos, químicos y cromáticos que pueden ser utilizados como indicadores de su calidad y estado de consumo. Tradicionalmente, la selección de frutas se realiza de manera visual y subjetiva, lo que puede ocasionar errores al momento de determinar su grado de maduración. Debido a ello, resulta importante desarrollar métodos objetivos que permitan evaluar la calidad de los frutos mediante parámetros cuantificables. En este contexto, el procesamiento digital de imágenes representa una herramienta innovadora para el análisis de alimentos, ya que permite medir y registrar cambios de color de manera precisa mediante espacios de color como RGB. La información obtenida en esta investigación servirá como base para el desarrollo futuro de una aplicación móvil capaz de identificar el grado de maduración y calidad de una fruta a partir de una fotografía, facilitando a consumidores la selección de frutos en mejores condiciones para su consumo.

La presente investigación busca integrar conocimientos de biotecnología y procesamiento digital de imágenes para generar información útil en el área de análisis de alimentos para consumidores. Además del desarrollo de una futura aplicación móvil para que cualquier persona pueda conocer en primera instancia el estado de maduración de una fruta próxima a consumir. De esta manera, el proyecto contribuye al desarrollo de herramientas tecnológicas para la evaluación objetiva de la calidad de frutas y al aprovechamiento de recursos biológicos obtenidos durante el proceso de maduración de los frutos.

Palabras clave: Color, fruta y maduración.

Introducción

Espacio de color

Es importante considerar que los dispositivos interpretan el color de diferente forma. Monitores, impresoras, cámaras y escáneres construyen el color mediante procesos distintos, que dependen del tipo de sensor por el cual estén conformados de tal forma que el mismo “valor numérico” puede traducirse en colores visuales diferentes según el dispositivo de salida. Debido a esta variabilidad, surge la necesidad de definir un sistema que permita describir las diferentes formas de percibir el color de manera consistente, así surgió la necesidad de definir los espacios de color. Según la IBM (International Business Machines Corporation) Un espacio de color funciona como una forma de representar y organizar los colores que pueden generarse o medirse dentro de un esquema determinado (s. f.).

Además, en muchos flujos de trabajo se emplean perfiles de color asociados a dispositivos. Un caso ampliamente utilizado es el uso de perfiles ICC (International Color Consortium). Estos perfiles permiten traducir cómo un dispositivo entiende un color y lo traduce a otro dispositivo distinto, especialmente cuando una imagen se mueve de un entorno (como captura o edición en un sistema) hacia otro (como impresión). En consecuencia, los perfiles ICC resultan relevantes para gestionar conversiones de color sin alterar su apariencia de forma impredecible. La interoperabilidad del color significa que una imagen debe conservar su intención cromática cuando cambia el dispositivo en el que se muestra o se imprime. En ese contexto, el espacio de color y el perfil ICC operan como “puente” para la conversión. Primero, el color se describe dentro de un espacio; después, el perfil facilita la transformación hacia el espacio de color del dispositivo destino.

Por ello, el marco teórico del color en imágenes digitales debe incorporar la idea de conversión y control del color como parte del proceso técnico, no solo como un fenómeno perceptual (IBM, s. f.).

Espacio de color RGB

Un espacio de color puede entenderse como una representación matemática y sistemática de los colores que pueden describirse o producirse mediante componentes específicas. Su propósito es permitir que la variación cromática (color, tono o matiz, saturación y luminosidad) se traduzca a valores cuantificables. El modelo RGB (rojo-verde-azul), está basado en la sensibilidad de los sensores del dispositivo que capturan la imagen en cuestión, los colores se generan mediante la combinación de valores de tres componentes: rojo, verde y azul. Estas componentes se intensifican o reducen de manera proporcional para producir una amplia gama cromática. En sistemas digitales, es común codificar cada canal con valores enteros, frecuentemente dentro del rango 0 a 255, donde los valores cercanos o iguales a cero producen color negro y valores cercanos o igual a 255 producen el color blanco (considerando una escala de grises), en cuestión al RGB la variación cromática cambiaria de un color muy oscuro (0) a un color muy brillante (255). Este modelo es especialmente utilizado por dispositivos cuya lógica se basa en emitir luz (monitores) o en capturar información cromática mediante sensores (cámaras y escáneres). Por eso, en fotografía y edición digital suele asumirse RGB como espacio de trabajo inicial.

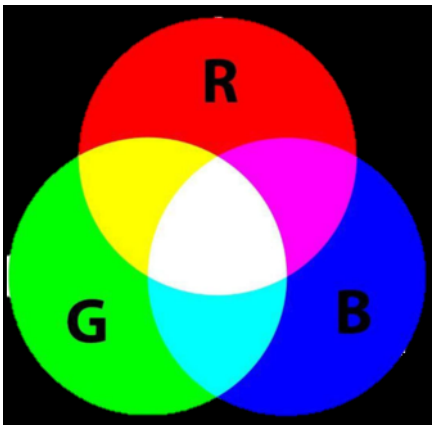

Figura 1. Representación del modelo aditivo RGB. La combinación de los colores rojo (R), verde (G) y azul (B) en diferentes intensidades permite generar una amplia gama de colores. La superposición máxima de los tres canales produce el color blanco, mientras que la ausencia de luz genera el color negro.

Generación de imágenes

Una imagen está compuesta por una matriz de pixeles, donde un píxel es el elemento más pequeño que compone una imagen digital. Su papel es esencial: cada píxel almacena información relacionada con el color o el brillo en una posición específica dentro de la cuadrícula de la imagen. En términos conceptuales, el conjunto de píxeles constituye la base de todas las imágenes digitales en formato de mapa de bits (PixelCalculator, 2025). El píxel se organiza en una estructura tridimensional (filas y columnas) y su información de color, la cual suele estar compuesta por tres valores, uno por cada canal de color (RGB) que suele variar de 0 a 255. La resolución de una imagen se entiende por el número total de píxeles en sus dimensiones (ancho x alto). En consecuencia, si una imagen contiene más píxeles en un mismo tamaño físico, se incrementa el nivel de detalle posible y, en general, también la capacidad de representar transiciones finas en la imagen. Así cuando consideramos cada valor de píxel (3 coordenadas) y observamos todos los pixeles juntos, lo que observamos es la conformación de una imagen.

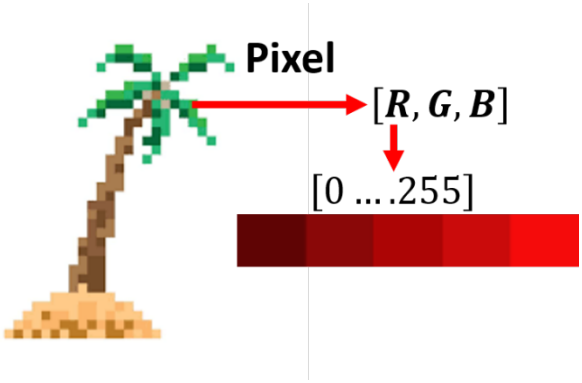

Figura 2. Representación de los pixeles que forman una imagen.

Parámetros de una fotografía

Tomar una fotografía de buena calidad además de depender de la cantidad de pixeles que posee, también depende de algunos otros parámetros, como son:

ISO: Es la sensibilidad con la que el sensor responde a la luz proveniente del objeto a fotografiar. En términos conceptuales, un ISO bajo implica menor amplificación de la señal y, por lo tanto, una respuesta más limpia; un ISO alto aumenta la sensibilidad para capturar escenas con menor cantidad luz, pero incrementa el riesgo de introducir ruido digital. El ISO influye en la nitidez percibida, la calidad general de la imagen (Sony, s. f.).

Tiempo de obturación (s): Es el intervalo de tiempo durante el cual el obturador deja pasar la luz hacia el sensor. Mientras el obturador está abierto, el sensor recibe radiación luminosa y esa exposición determina, en combinación con otros parámetros, el registro final de la escena. En el plano visual, el tiempo de obturación afecta el desenfoque por movimiento: velocidades más altas tienden a congelar movimiento; tiempos más largos pueden registrar movimiento como estelas o desenfoque, dependiendo de la escena y del movimiento del sujeto o de la cámara (Sony-Latin, s. f.; TarmacView, s. f.).

La temperatura de color: Es la dominancia del espectro lumínico de una fuente, determina si el blanco se percibe hacia el rojo/amarillo (más cálido) o hacia el azul (más frío). Se mide en Kelvin y se asocia a un punto de referencia aproximado cercano al blanco neutro (alrededor de 5 500 K). A temperaturas menores, la luz tiende a volverse progresivamente más amarillenta y luego más rojiza. A temperaturas mayores, la luz se desplaza hacia tonalidades azules, volviéndose más fría. Este marco teórico conecta directamente con el balance de blancos, ya que el ajuste intenta compensar esa dominancia para que la escena se perciba correctamente (Dzoom, s. f.).

Foco o punto focal: Se define como el enfoque necesario que debe tener la cámara para capturar una imagen definida en todos sus contornos. (Contributor & Contributor, 2024).

Objetivos

- Caracterizar el proceso de maduración de frutas mediante el análisis digital de imágenes.
- Cuantificar los cambios cromáticos de las frutas durante su maduración mediante el análisis de imágenes digitales en el espacio de color RGB.
- Evaluar la utilidad de los histogramas RGB como herramienta objetiva para identificar el grado de maduración de frutos climatéricos.

Metodología

Selección de la fruta

Para la selección de la fruta se procuró considerar fruta que tuviera un proceso de maduración rápido a temperatura ambiente, de esta forma se consideraron 3 tipos distintos de fruta, mango petacón, papaya y plátano. La fruta usada se consiguió de una tonalidad verde (inmadura) para poder monitorear su proceso de maduración acompañado con el cambio de color. En total se estudiaron dos mangos, dos plátanos y una papaya. La fruta se mantuvo bajo condiciones similares durante todo el periodo de observación.

Montaje experimental

Con el propósito de garantizar condiciones constantes durante la adquisición de las imágenes, se diseñó y construyó un arreglo que permitiera mantener invariable la altura y la posición de la fruta respecto de la posición de la cámara. La implementación de este sistema contribuyó a minimizar los errores asociados a variaciones en el ángulo de captura, la distancia focal y la iluminación, mejorando así la reproducibilidad de las fotografías obtenidas. Para la construcción del modelo se empleó una mesa óptica, sobre la cual se fijaron cuatro postes con bases ajustables, usados como elementos estructurales para sostener la cámara en una ubicación constante durante cada sesión fotográfica. En la misma estructura se colocó una base para montar el sistema de iluminación con una base vertical (Figura 3).

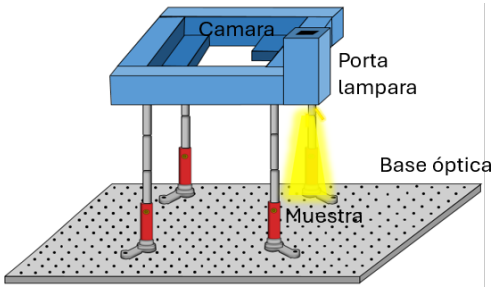

Figura 3. Diagrama experimental para la captura de las imágenes e iluminación de las muestras.

Toma de fotografías

Para poder tomar fotografías con una correcta iluminación y que no presentaran saturación, se tomaron 63 fotografías a un material considerado como blanco de referencia ya que tiene la propiedad de reflejar el 99% de la luz incidente, las fotografías se tomaron bajo diferentes combinaciones de ISO (200 – 800) y tiempo de obturación (1/250 – 1/40). Las imágenes fueron procesadas mediante el software ImageJ, considerando únicamente el área del blanco de referencia, donde se obtuvo el valor promedio de píxel en escala de grises (Figura 4).

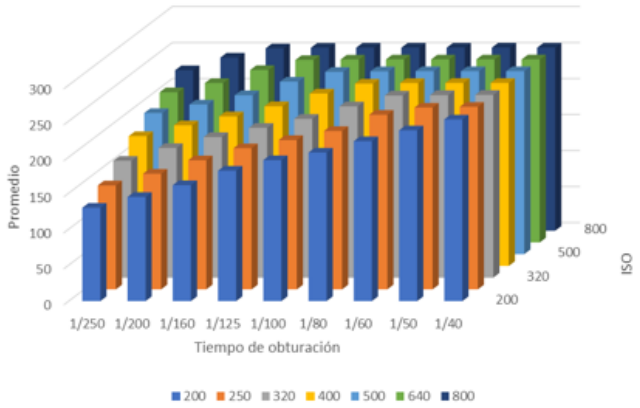

Figura 4. Esta grafica muestra los valores promedios de píxel del blanco de referencia con diferentes combinaciones de ISO y tiempo de obturación.

Tras comparar los resultados obtenidos en todas las pruebas, se determinó que la configuración más adecuada es un valor ISO de 250 y un tiempo de obturación de 1/60 s (parámetro 2, figura 5), ya que el promedio del valor de píxel del blanco de referencia fue el más cercano a una intensidad de 255, lo cual nos indica que la fotografía saldría con una calidad adecuada sin llegar a saturar la imagen (parámetro 1, figura 5) o por el contrario sin que la imagen se vea muy oscura (parámetro 3, figura 5). Con el propósito de garantizar la reproducibilidad del experimento y mantener condiciones constantes durante toda la adquisición de imágenes, los parámetros de ISO y tiempo de obturación se fijaron para la captura fotográfica.

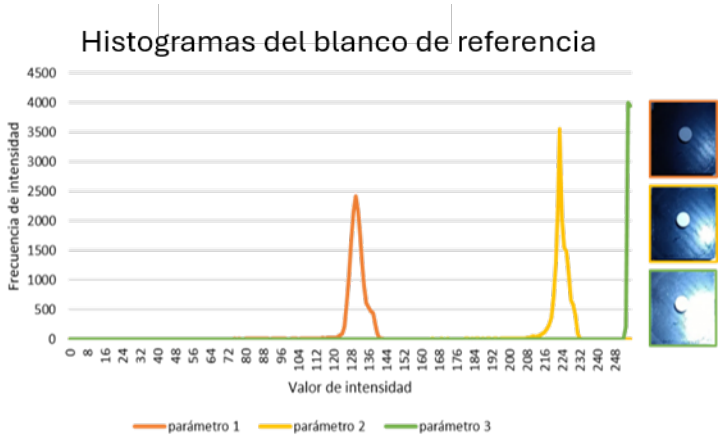

Figura 5. Comparación de los histogramas en escala de grises del blanco de referencia: la línea anaranjada representa una foto oscura, la línea amarilla representa una imagen aceptable y la línea verde representa una imagen saturada (muy brillosa).

Una vez fijado el ISO, tiempo de obturación, temperatura de color y distancia focal, la fruta se colocó debajo del arreglo experimental mostrado en la figura 3, y durante 13 días cada una de las frutas (mango, papaya y plátano) se fotografiaron procurando que siempre estuvieran en la misma posición y bajo la misma intensidad de iluminación.

Procesamiento digital de imágenes

Posteriormente a la toma de fotografías, cada imagen obtenida se procesó en ImageJ. El procesamiento digital de las imágenes consistió en recortar de cada fotografía solo el área correspondiente a la fruta, después cada imagen recortada se separó en cada uno de sus canales de color RGB (Figura 6) y para cada canal de color se obtuvo un histograma de frecuencias. Las imágenes por cada canal de color se mostraron en colores

falsos para poder ver una variación de tonalidades de forma mas clara, los colores falsos toman los valores de pixel de 0 a 255 y se les asignan colores de alto contraste, de tal forma que a un valor de pixel cercano a 0 se le asigna un color azul marino y a valores de pixel cercanos a 255 se les asigna un color rojo, entre estos dos valores se asignan colores como cian para valores de 80, verde para valores de 100, anaranjado para valores de 140 etc…, estos colores falsos no tienen nada que ver con los colores reales de la fruta (Figura 6).

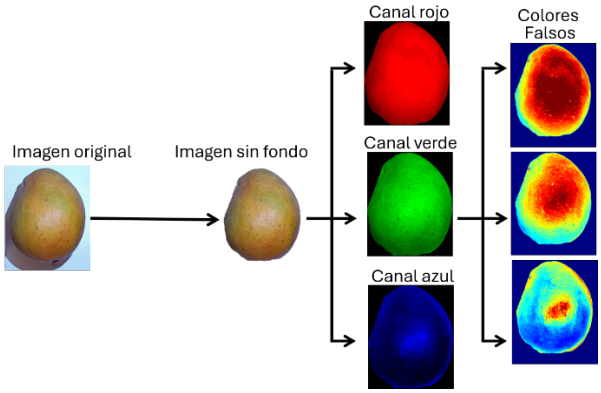

Figura 6. Diagrama de tratamiento de las imágenes con ImageJ.

Resultados

A continuación, se realiza una discusión de los histogramas de color asociado a la madurez de la fruta.

Mango petacón

Para el análisis del mango petacón y con la finalidad de no saturar los gráficos, en las siguientes figuras solo se muestran los histogramas de las fotos tomadas para los días 1, 3, 5, 7, 9 y 13. La figura 7, muestra la distribución de frecuencias para al canal rojo, durante los primeros días la mayor concentración de píxeles se localizó en frecuencias intermedias con un valor de 63, observándose una distribución relativamente estrecha. Conforme avanzaron los días la distribución presentó un desplazamiento hacia valores de píxel mayores, acompañado de un incremento en el ancho de los histogramas, indicando que cada vez una mayor proporción de la superficie comenzó a presentar tonalidades rojizas características del proceso de maduración. Asimismo, la frecuencia máxima de algunos niveles disminuyó mientras otros aumentaron, evidenciando una redistribución progresiva de los valores de frecuencia. Para la última fotografía analizada (día 13, línea azul claro) se puede observar que la parte izquierda del histograma comenzó a desaparecer, esto indica que en la mayor parte de la superficie del mango comenzaron a aparecer tonos rojizos, esto es comprobable ya que de lado derecho del histograma comenzó a aparecer un pico cerca del valor de píxel 175, lo que indica que comienzan a aparecer tonos de rojo muy claros. En la figura 5 de lado derecho se muestra la secuencia de las fotos de los días mostrados en la gráfica, estas fotos corresponden al canal rojo y están graficadas en colores falsos, la idea de estas imágenes es mostrar como a lo largo de la superficie del mango los tonos de rojo (color azul en las imágenes) van incrementado y haciéndose más presentes lo largo de toda la superficie (color rojo de la imagen), mostrando como mientras pasa el tiempo la superficie del mango adquiere cada vez más tonos rojizos.

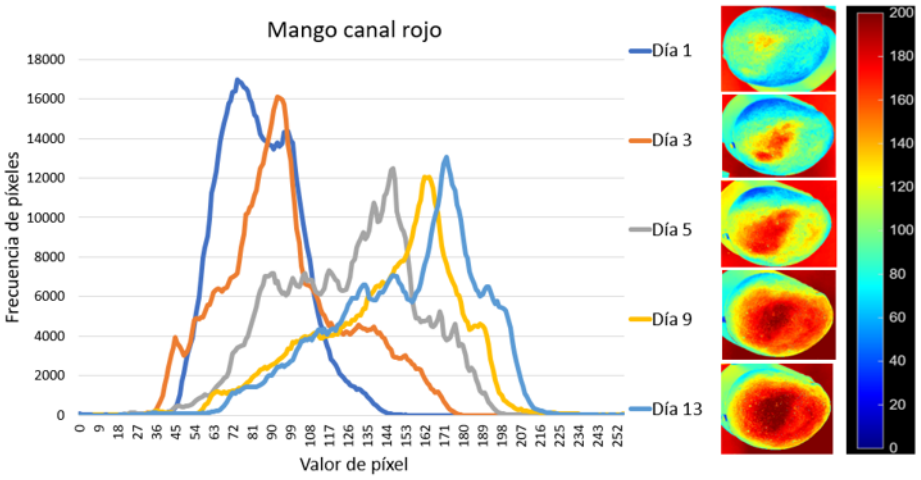

Figura 7. Lado izquierdo: Comparación de histogramas para el canal rojo del mango, lado derecho: imágenes graficadas en colores falsos para el canal rojo del mango.

En la figura 8 se muestra el histograma de frecuencias para el canal verde, para este canal de color se observó que a pesar de que el mango cambio de tonos de color en cuestión a la tonalidad verde los histogramas siempre mostraron el mismo ancho (40 - 190), esto es importante porque indica que existía una tonalidad de verde muy oscura y conforme pasan los días, los tonos de verde solo se aclararon a lo largo de la superficie, sin embargo, los tonos de verde no desaparecen. Estos resultados están acordes con las imagenes mostradas en colores falsos, donde se observa que en el día uno la mayor parte del mango tiene tonos de verde oscuros (color amarillo en las imágenes de color falso del día 1) y va cambiando a tonos de verde claros (color rojo de las imágenes en colores falsos día 13).

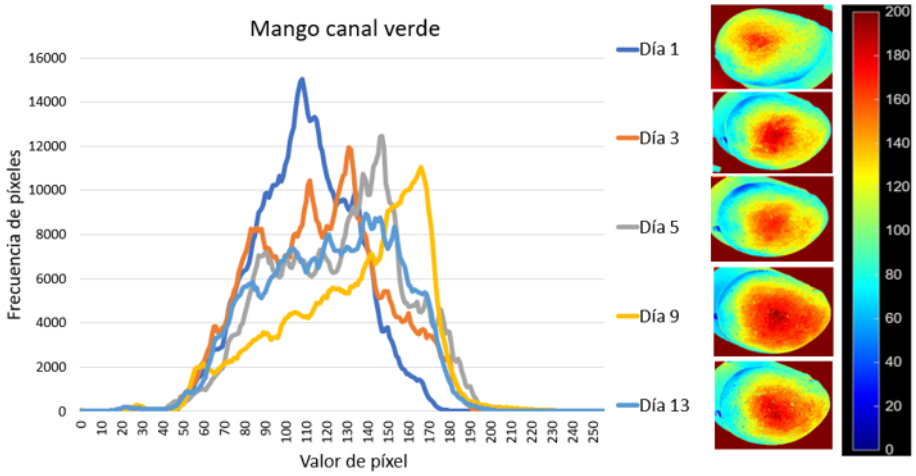

Figura 8. Lado izquierdo: Comparación de histogramas para el canal verde del mango, lado derecho: imágenes graficadas en colores falsos para el canal verde del mango.

Por último, la figura 9, muestra el histograma para el canal azul, se puede observar una distribución menos dispersa respecto a los otros dos canales. El comportamiento de los histogramas del canal azul a diferencia de los otros dos canales muestra que inicialmente había una presencia media de tonos azulados (día 1 línea azul rey, valor de pixel cercano a 100), pero conforme pasaron los días los histogramas comenzaron a recorrer sus pico máximos y distribución hacia la izquierda, llegando a un valor de pixel máximo de cerca de 40 (línea azul claro), este corrimiento indica que la componente azul de la imagen comienza a desaparecer permitiendo que le tono de verde se aclare cada vez más, basándonos en los colores falsos, se observa como los tonos de azul claro del mango (color verde-amarillo, de la imagen en colores falsos) comienzan a tornarse cada vez

ISSN 2395-9797
www.jovenesenlaciencia.ugto.mx

más oscuros (tonos azules cercanos a 40 de la imagen de colores falsos), indicando que la presencia de tonos azules va desapareciendo.

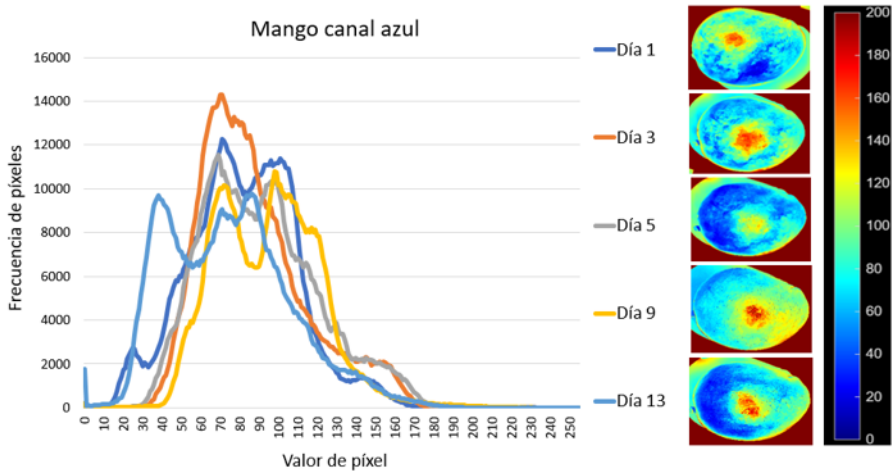

Figura 9. Lado izquierdo: Comparación de histogramas para el canal azul del mango, lado derecho: imágenes graficadas en colores falsos para el canal azul del mango.

Papaya

Para el análisis de la papaya y con la finalidad de simplificar la comparación de los cambios solo se muestran los histogramas de las fotos tomadas los días 1, 3, 7 y 9.

La figura 10 muestra la distribución de frecuencias para el canal rojo. En el primer día de análisis (línea azul oscuro) se observó una elevada concentración de píxeles en frecuencias de valor de pixel bajo, con un pico máximo cercano a 75. Conforme avanzaron los días, la distribución comenzó a desplazarse progresivamente hacia intensidades mayores, reduciéndose la frecuencia del pico principal y aumentando la presencia de píxeles en valores comprendidos entre 140 y 190 píxeles. Este comportamiento indica la aparición gradual de tonalidades rojizas y anaranjadas en la superficie del fruto. Este comportamiento lo podemos observar en la parte derecha de la figura 8, donde se muestran las imágenes en colores falsos, se observa que al pasar los días la papaya tiene a mostrar cada vez más un área con una coloración roja (color falso) a lo largo de la superficie de la papaya.

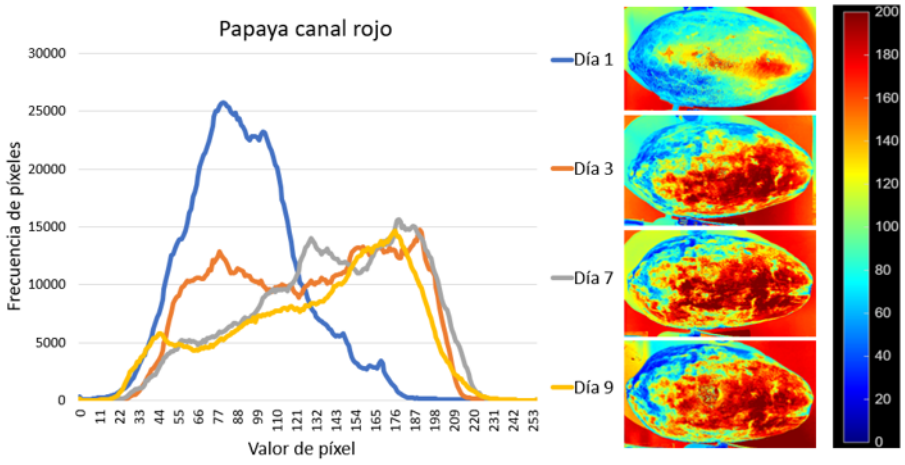

Figura 10. Lado izquierdo: Comparación de histogramas para el canal rojo de la papaya, lado derecho: imágenes graficadas en colores falsos para el canal rojo de la papaya.

La figura 11 muestra la distribución de frecuencias para el canal verde. Como se observa en estos histogramas nuevamente todos tienen un ancho fijo que varía de 20 a 200 aproximadamente, en este rango los histogramas solamente van variando de valor máximo de frecuencia, en donde pareciera que la superficie de la papaya en el segundo día de observación se tornó de una tonalidad más verde (línea anaranjada con un valor máximo en 175) y conforme pasaron los días los histogramas se recorrieron a la izquierda indicando que las tonalidades veres comenzaban a desaparecer. Este comportamiento de observa nuevamente en las imágenes de colores falsos donde el incremento del color rojo falso (indicativo de tonalidad verde) incrementa en el segundo día y después comienza a hacerse cada vez más pequeña (indicativo de reducción en la tonalidad verde de la fruta).

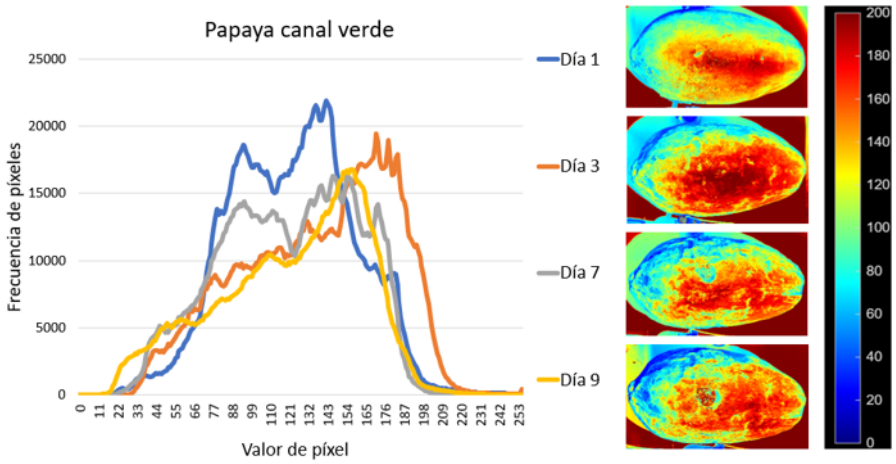

Figura 11. Lado izquierdo: Comparación de histogramas para el canal verde de la papaya, lado derecho: imágenes graficadas en colores falsos para el canal verde de la papaya.

Finalmente, la figura 12 muestra la distribución de frecuencias para el canal azul. A diferencia de los canales rojo y verde, los histogramas presentaron una mayor concentración de píxeles en frecuencias bajas con un valor máximo en un valor de pixel 30, este valor pareció mantenerse constante hasta el día 7, después de este día el histograma se recorrió hacia la derecha alcanzando un valor máximo en un valor de pixel 120, esto indica que la papaya mostro tonalidades azules muy bajas o casi nulas, hecho que se observa en las imágenes en colores falsos (tono azul muy presente a lo largo de la papaya) donde se observa que el tono azul comenzó a hacerse más presente en los últimos días (tonos amarillos en la imágenes de colores falsos).

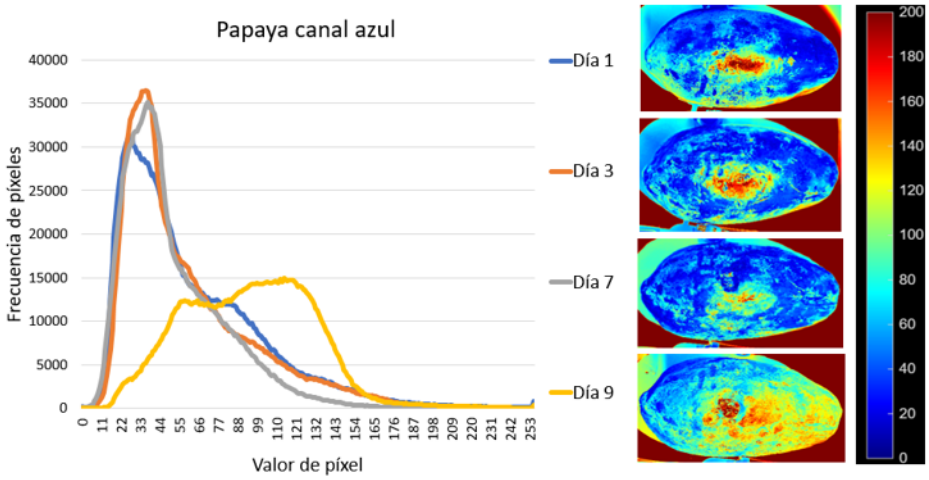

Figura 12. Lado izquierdo: Comparación de histogramas para el canal azul de la papaya, lado derecho: imágenes graficadas en colores falsos para el canal azul de la papaya.

Plátano

Para el análisis del plátano y con la finalidad de simplificar la comparación de los cambios solo se muestran los histogramas de las fotos tomadas en los días 1, 3, 7 y 9.

La figura 13 muestra la distribución de frecuencias para el canal rojo, durante el primer día (línea azul) la mayor concentración de píxeles se localizó en intensidades intermedias, con un pico maximo cercano a los 100 píxeles. Conforme avanzaron los días, la distribución presentó un desplazamiento progresivo hacia intensidades mayores, concentrándose principalmente entre 150 y 190 píxeles, lo que indica un incremento en la presencia de tonalidades rojizas sobre la superficie del fruto conforme avanzó el proceso de maduración, este hecho se observa nuevamente en la imágenes de colores falsos, donde se ve que la presensa de color rojo falso fue cada vez mayor a lo largo de la superficie del platano, hasta el dia 7, donde comenzaron a aparecer nuevamente tonalidades amarillas en color falso, esta variacion fue debido a que el platano es una fruta que madura muy rapido y el ultimo dia la fruta comenzaba a mostrar manchas cafes.

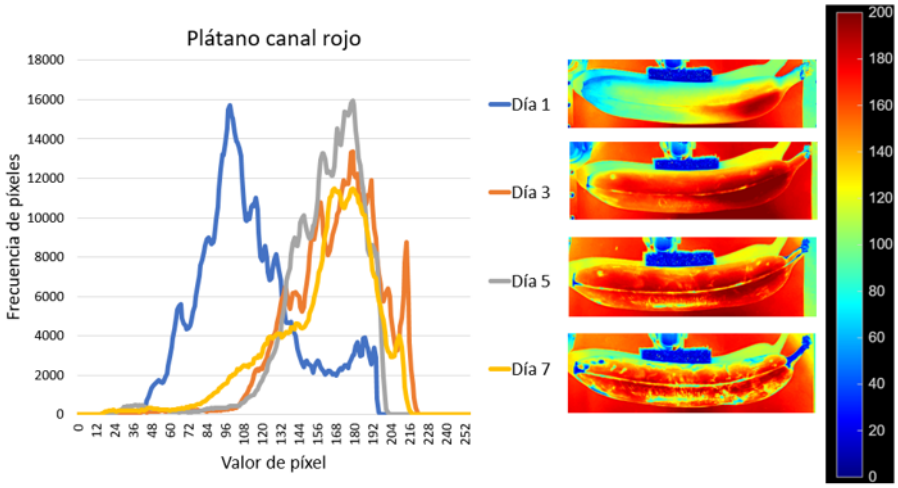

Figura 13. Lado izquierdo: Comparación de histogramas para el canal rojo del plátano, lado derecho: imágenes graficadas en colores falsos para el canal rojo del plátano.

La figura 14 muestra la distribución de frecuencias para el canal verde, se puede observar que los histogramas son muy parecidos, este hecho indica que las tonalidades verdes se conservan durante todo el proceso de maduración, este hecho se verifica en las imágenes de color falso, donde a través de los días la tonalidad roja (color falso que indica una presencia fuerte de tonos reales verdes) está presente, y en el último día cambia a tonos amarillos (color falso) lo que indica que pareciera que el verde comienza a desaparecer. Este hecho está acorde con los tonos del plátano amarillentos cuando madura, esto sucede debido que en el espacio RGB el color amarillo se forma gracias a la combinación del verde y el rojo, entonces si el plátano conserva tonos verdes y cada vez más aparecen tonos rojos, esto da lugar a los tonos amarillos.

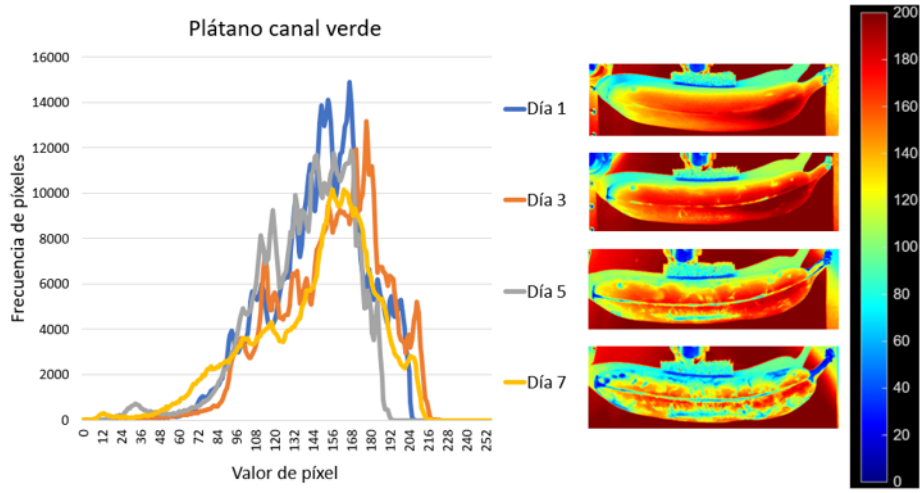

Figura 14. Lado izquierdo: Comparación de histogramas para el canal verde del plátano, lado derecho: imágenes graficadas en colores falsos para el canal verde del plátano.

La figura 15 muestra la distribución de frecuencias para el canal azul, como se observa en esta figura el histograma de color para el día 1 muestra un pico máximo cercano del valor de pixel cerca de 48, conforme pasaron los día los valores máximos se recorrieron a la izquierda llegando a valores máximos de pixel cercano a 25, esto indica que existía una presencia baja de tonos azules y conforme pasaron los días estos tonos comenzaron a extinguirse, esto se observa en las imágenes de colores falsos, donde el color falso azul (valor de pixel bajo) comienza a estar cada vez más presente denotando la ausencia de tonos azules, este resultado está acorde con los tonos amarillos del plátano cuando madura.

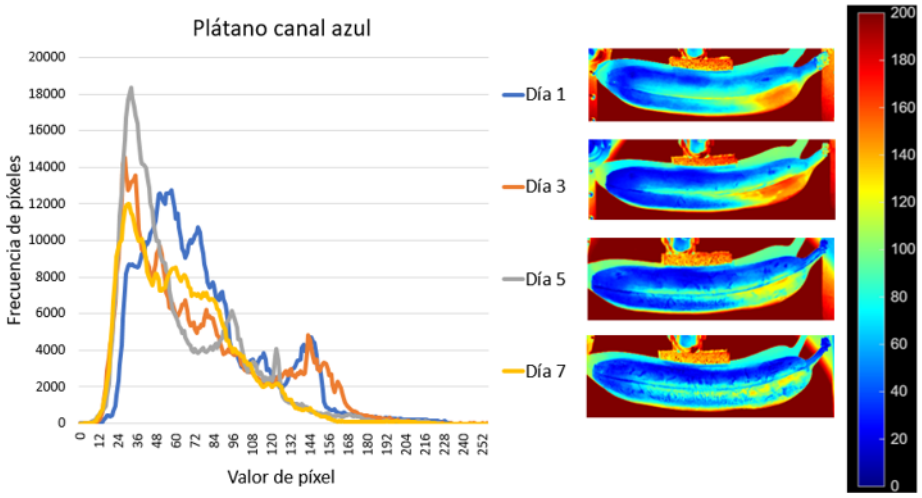

Figura 15. Lado izquierdo: Comparación de histogramas para el canal azul del plátano, lado derecho: imágenes graficadas en colores falsos para el canal azul del plátano.

Conclusiones

El procesamiento digital de imágenes mediante histogramas RGB permitió caracterizar de manera objetiva los cambios de color ocurridos durante la maduración del mango petacón, la papaya y el plátano. Los cambios observados en la distribución de intensidades, la posición de los picos y la amplitud de los histogramas evidenciaron que cada especie presenta un comportamiento particular durante su proceso de maduración, lo que confirma la utilidad de esta técnica como una alternativa segura para el seguimiento del estado fisiológico de los frutos.

Para el caso del mango los tonos rojos aumentaron bastante de valores de píxel 63 a 171, mientras que los tonos verdes cambiaron muy poco de 100 a 140, y los azules tomaron valores de píxel entre 70 y 100, estos valores están acordes con las tonalidades rojo-rosa del mango cuando madura, ya que en el espacio RGB este color se forma con un máximo de rojo, verde y azul en tonos intermedios. En el caso de la papaya se los tonos rojos varían de valor de píxel 66-180, para los tonos verdes los valores de píxel variaron entre 85-160 y finalmente para los tonos azules entre un valor de píxel 15 y 70, nuevamente estos valores en el espacio de color RGB muestra tonos de color anaranjado, ya que este color se forma mediante una combinación de rojos intensos, verdes medios y tonos azules bajos o ausentes. Finalmente, para el plátano los tonos de rojos variaron de valor de píxel 95-180, los tonos verdes se mantuvieron constantes en un valor de píxel promedio alrededor de 150, y los tonos azules variaron de valor de píxel 70 a 24, nuevamente este resultado esta acorde con los tonos amarillentos de los plátanos cuando maduran, ya que en espacio de color RGB el tono amarillo se conforme con valores medios de tonos rojos y verdes en ausencia de azul.

Observando los resultados anteriores poder decir que hubo una tendencia en las tres frutas los tonos de color rojos siempre están presentes y son los colores que muestran una mayor variación a lo largo del proceso de maduración de estas frutas, esta variación en los tonos de rojo podría ser usado como un parámetro para indicar que tan madura es la fruta. En estudios posteriores se realizará un análisis más controlado tanto de la luz incidente sobre la fruta así como el área a analizar, para poder concluir si el canal rojo funcionaria como un parámetro indicativo de la madurez de al menos estos tres tipo de frutas.

Referencias

Cherry Biotech. (2025b, noviembre 6). Drosophila Life Cycle and Fly Anatomy - Cherry Biotech. https://www.cherrybiotech.com/scientific-note/drosophila-life-cycle-and-fly-anatomy/

Gilbert, S. F. (2020). *Developmental Biology* (12th ed.). Sinauer Associates.

IBM i. (s. f.). Espacios de color y perfiles ICC. https://www.ibm.com/docs/es/i/7.5.0?topic=concepts-color-spaces-icc-profiles

León, N. (s. f.). Temperatura de Color: Qué Es y Cómo Sacarle Jugo en tus Fotos. Dzoom. https://www.dzoom.org.es/la-temperatura-del-color/

Pixelcalculator. (2025, 20 mayo). Píxel Explicado: ¿Qué es un Punto de Imagen? Resolución y Profundidad de Color. PixelCalc. https://pixelcalculator.com/es/pixel.php

Sony. (s. f.). ISO en fotografía y video: cómo usarlo para una exposición perfecta. https://www.sony.com.do/alphauniverse/stories/iso-en-fotografia-y-video-como-usarlo-para-una-exposicion-perfecta

Sony-Latin. (s. f.). Velocidad de obturación. https://www.sony-latin.com/es/electronics/support/articles/00267929

Turner, W. (2024, 3 abril). The Importance of a Focal Point - PictureCorrect. PictureCorrect - Photography Tips & Techniques. https://www.picturecorrect.com/focal-point-in-photo-compositions/

Obturador. (2025, 18 noviembre). Airport Lights Inspection. https://www.tarmacview.com/es/glossary/shutter/