

# ANÁLISIS DE IMÁGENES DE GUAYABA APLICANDO LA TRANSFORMADA WAVELET TIPO HAAR

Arturo Abraham Sosa López (1), Dra. Mónica Trejo Durán (2)

1 [Lic. En Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [aa.sosalopez@ugto.mx]

2 [Departamento de Estudios Multidisciplinarios, División Ingenierías, Campus Irapuato Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [mtrejo@ugto.mx]

## Resumen

Se analizan las imágenes de guayaba en diferentes estados de madurez aplicando procesamiento digital de imágenes. Se utilizaron las fotografías en RGB de 15 guayabas distintas. Fueron fotografiadas a lo largo de 11 días para notar las variaciones en el proceso de madurez. En el procesamiento, se utiliza la transformada con la wavelet Haar, se obtienen los coeficientes de diferentes niveles de descomposición y se analizan estadísticamente. Se identificaron comportamientos característicos dependiendo del estado de madurez de la guayaba en algunas de las variables estadísticas encontradas.

## Abstract

Images of guava fruits in different stages of ripeness are analyzed through digital image processing. The RGB photographs of 15 different guavas were used for this investigation. The photographs were taken during 11 days in order to notice variations in the maturing process. For the processing, the Haar wavelet transform was used, the detail coefficients for different levels of decomposition were obtained and analyzed statistically. Certain characteristic behaviors were identified in some of the statistic variables found, depending on the state of ripeness of the guava.

## Palabras Clave

Procesamiento Digital; Descomposición; wavelet Haar; Guayaba

## INTRODUCCIÓN

### Antecedentes

La alta demanda de la producción agrícola eleva la necesidad de automatizar los procesos de detección de madurez de los frutos.

Existen varias técnicas para determinar la madurez de los frutos. Entre ellas, están las destructivas como la determinación de los sólidos solubles totales, la firmeza, el grado de pH entre otros; también tenemos técnicas no destructivas como las espectroscopias usando diferentes longitudes de onda como UV-vis-NIR. Estas últimas requieren de equipos costosos y no portátiles.

Un conjunto de técnicas no destructivas para este fin son las que ofrece el procesamiento digital de imágenes. Estas técnicas se utilizan comúnmente para la compresión de datos, transmisión de señales, percepción visual robótica, análisis de imágenes, criminología, biometría, medicina, arte, sensores, informática y automatización [1]. Sin embargo, también se ha reportado su uso para clasificación de distintos frutos [2], e incluso para determinar el peso aproximado de mangos [3]. En cuanto a la calidad y nivel de madurez de los frutos, podemos encontrar reportes acerca de la agrupación y evaluación de cerezas en base a su madurez, tamaño y defectos [4], el análisis de calidad y clasificación de bananas con componentes CIELAB [5], el análisis automatizado de madurez de naranjas por descomposición de colores [6] y la madurez de la sandía de acuerdo al color de la cáscara [7], entre otros.

En este trabajo, aplicaremos el procesamiento digital de imágenes para determinar, mediante la transformada wavelet tipo Haar, algún elemento característico del estado de madurez. Se hará a partir de imágenes capturadas de guayabas, que previamente han sido clasificadas en cierto estado de madurez.

### Marco Teórico

En el procesamiento digital de imágenes, existen varios algoritmos y métodos que se pueden aplicar a una imagen, dependiendo de la finalidad. Esto se debe a que las imágenes digitales son representadas por valores numéricos discretos en forma de matrices. Cada pixel (unidad mínima de una imagen digital) se representa por un valor numérico binario. Estos pixeles pueden tener distintas resoluciones, dependiendo del formato utilizado, aunque por lo general, se utilizan resoluciones de 8 bits para almacenar valores que van desde 0 hasta 255 [8]. En el caso de las imágenes a color, se acostumbra utilizar 3 valores por pixel (que representan los colores rojo, verde, y azul (RGB, Red Green Blue) que se utilizan para componer los colores).

Como una imagen se trata de una matriz (o un arreglo) de números, es posible realizar operaciones matemáticas sobre los mismos [9]. Aprovechando estas propiedades, se pueden realizar un diverso tipo de transformaciones, incluso algunas utilizadas para el análisis de señales, tal como son las wavelets.

Las wavelets se refieren a un tipo de oscilación similar a una onda que comienza en cero, incrementa y decreta hasta llegar nuevamente a cero. Al ser consideradas oscilaciones breves, son útiles para el procesamiento de señales, particularmente para la extracción de información de distintos tipos de datos, como lo pueden ser señales de audio, o imágenes [10].

Por lo general se requieren de conjuntos de wavelets para analizar información completamente. Esto se debe a que se podrán descomponer así los datos sin huecos o encimados, para que el proceso sea matemáticamente reversible. [1]

Por lo general, los análisis con wavelets son útiles para áreas de baja frecuencia o de buena frecuencia con resoluciones pobres en el tiempo. [1] También son útiles para las áreas de alta frecuencia con buena resolución en tiempo, pero mala resolución en frecuencia. Claro está, que esto es debido a que los muestreos se adaptan para reducir el ventaneo de las señales o imágenes, y lograr así tener mejores análisis en menor tiempo. Un ejemplo de una wavelet popular es la transformada con la wavelet Haar.

La transformada (de una imagen) con la wavelet Haar, se caracteriza por ser la más simple de todas y ser rápida. [11] [12] Se aplica mucho para la compresión de imágenes, detección de bordes (en visión robótica), filtrado de frecuencias, reconocimiento facial y demás [13] [14]. Debido a las propiedades y aplicaciones de la wavelet Haar, es posible detectar algún elemento característico de la madurez de frutos con cada nivel de descomposición de la imagen original. Se busca analizar los distintos coeficientes obtenidos en la descomposición con la transformada Haar, que pudieran auxiliar a indicar el estado de madurez de un fruto. Además, el detectar bordes (cambios repentinos en color o frecuencia), puede ayudar a determinar imperfecciones que pueden indicar que el fruto no es apto para consumo.

Por ello, se realizarán distintos niveles de descomposición a las imágenes para posteriormente realizar un análisis estadístico sobre los distintos coeficientes que se obtienen gracias a la transformada Haar.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó MATLAB, ya que cuenta con un toolbox de alto rendimiento especial para el procesamiento digital de imágenes [15] en un ordenador con doble núcleo físico (4 lógicos) y 4Gb de memoria RAM. Las imágenes a analizar son de 2.9 Mb en promedio y 4608x3440 pixeles, tomadas a 15 guayabas cada tercer día, donde cada día representa un estado de madurez diferente. Cada imagen se segmentó para separar la fruta del fondo, sin embargo, se eliminaba la parte de la guayaba casi por completo, dado que el fondo era blanco con variaciones en luminosidad (por las condiciones en que fueron capturadas). Por ello, y considerando que la transformada con Haar se aplica únicamente a los arreglos con potencias de 2, se acordó hacer un recorte cuadrado de 512x512 pixeles en RGB exclusivamente a la fruta (Imagen 1). Estas nuevas imágenes fueron sometidas a los distintos niveles de descomposición que se permitían por las dimensiones de las mismas, que en este caso fueron ocho para generar un archivo con los coeficientes Diagonales, Horizontales y Verticales que resultaban junto con la nueva Aproximación de la imagen.

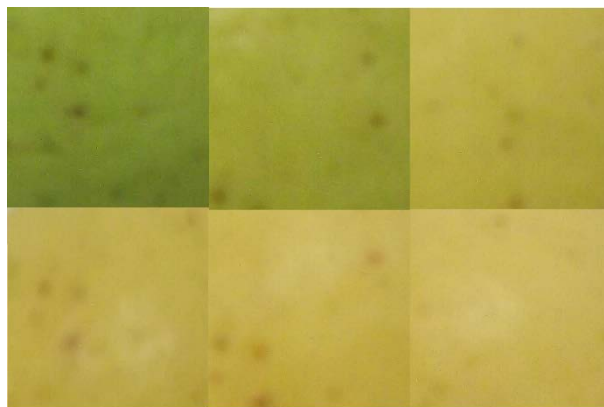


Imagen 1: Recortes de una guayaba en los diferentes estados de madurez.

Posteriormente, una vez que se le aplicaba el procesamiento a todas las imágenes, se agrupan de acuerdo al día y sobre el conjunto de datos de cada día, se hace un análisis estadístico obteniendo el Promedio, Entropía, Varianza, Kurtosis y Desviación Estándar de los coeficientes de cada descomposición. Para un mejor análisis, estos datos se graficaron de acuerdo a su descomposición y se compararon con la clasificación previamente obtenida del estado de madurez de la guayaba obtenida del análisis de firmas espectroscopias UV-vis\_NIR, Sólidos Solubles Totales, firmeza y pH.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se creó el código que cargara automáticamente cada imagen, la recortara, transformara y que guardara los datos para luego realizar el análisis estadístico y promediado de los datos.

Dentro de los parámetros que se analizaron se observó que hay la posibilidad de determinar la madurez de los frutos, en especial con los coeficientes de detalle horizontales. También se observó que con cada nivel de descomposición, las gráficas de los promedios, a pesar de tener rango menor de valores, eran proporcionales con variaciones mínimas.

Como se puede apreciar en las Imágenes 2a, 2b y 2c, los coeficientes de detalles verticales, para los promedios de color azul (en las primeras tres descomposiciones), tienen valores más altos en el rango de días óptimos de consumo. Incluso los

coeficientes horizontales para el promedio azul de la segunda descomposición permiten informar cuando se tienen días para consumo.

En la Imagen 2d, son los coeficientes verticales del promedio rojo, los que nuevamente tienen valores más elevados en los días ideales.

En cuanto a las entropías de la segunda descomposición verde y roja (Imagen 2e y 2f), y en la entropía de la tercera descomposición azul (Imagen 2g), los coeficientes horizontales son los que presentan la mayor posibilidad de indicar los valores presentes únicamente en los días con madurez.

También se realizó una reconstrucción del promediado de todas la imágenes para fines de apreciación, y con ello, se logró encontrar que la iluminación en algunas guayabas no era completamente uniforme, por lo que obtener las fotografías con una mejor iluminación (sin fondo de color que pudiera interferir en la percepción de la cámara debido a reflexión) puede mejorar los resultados.

## CONCLUSIONES

El análisis de imágenes de frutos mediante la transformada Wavelet Haar, nos permite determinar cómo cambia en estado de madurez de la guayaba analizando cantidades estadísticas de los coeficientes de descomposición.

## AGRADECIMIENTOS

Se le agradece a la Universidad de Guanajuato por la oportunidad y el apoyo para la realización de la investigación, junto con el Departamento de Estudios Multidisciplinarios, a los Drs. Eduardo Cabal Yépez y Carlos Rodríguez Doñate por la asesoría que contribuyó a la obtención de los resultados.

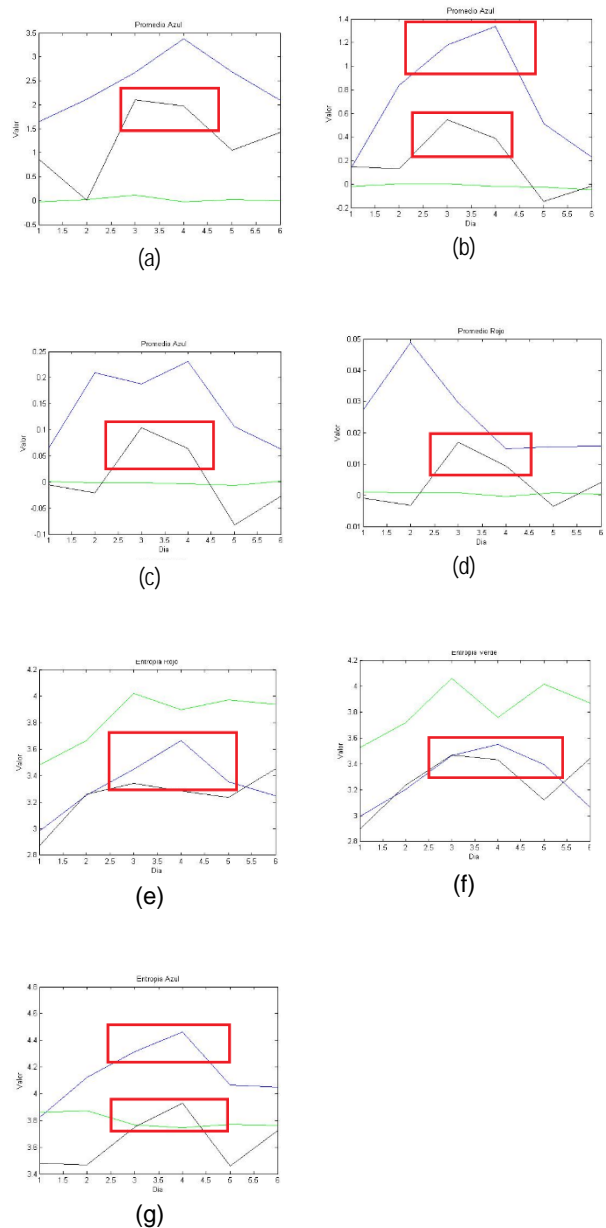


Imagen 2. Estado de madurez cuadro rojo según los valores; a) Promedio Azul Nivel 1. Los coeficientes verticales (negro); b) Promedio Azul Nivel 2. Los coeficientes horizontales (azul) y los verticales (negro); c) Promedio Azul Nivel 3; d) Promedio Rojo Nivel 4. Los coeficientes verticales (negro); e) Entropía Rojo Nivel 2. Los coeficientes horizontales (azul); f) Entropía Verde Nivel 2. Los coeficientes horizontales (azul); g) Entropía Azul Nivel 3. Los coeficientes horizontales (azul) y los verticales (negro).

## REFERENCIAS

- [1] Graps, A. (1995). An Introduction to Wavelets. IEEE Computational Science and Engineering, 2(2).
- [2] Damato, J. P., Bauza, C. G., & Boroni, G. (2011). Color Based Fruits Classification Using GPU. IEEE Latina America Transactions, 9(3), 346-350.
- [3] Teoh, C. C. & Mohd Syaifudin, A.R. (2007). Image processing and analysis techniques for estimating weight of Chokanan mangoes. J. Trop. Agric. And Fd. Sc. 35(1), 183-190.
- [4] Balestani, A. M., AhmadiMoghaddam, P., Molla, A. M., & Dolaty, H. (2012). Sorting and Grading of Cherries on the Basis of Ripeness, Size and Defects by using Image Processing Techniques. International Journal of Agriculture and Crop Sciences
- [5] Chaudhary, S. & Prajapati, B. (2014). Quality Analysis and Classification of Bananas Using Digital Image Processing. International Journal of Computer Science and Engineering, 3(4), 29-36.
- [6] Sirisathitkul, Y., Thumpen, N., & Puangtong W. (2006). Automated Chokun Orange Maturity Sorting by Color Grading. Walailak J Sci & Tech, 3(2), 195-205.
- [7] Syazwan Nasaruddin, A., Shah Baki, S. R. M., & Tahir, N. M. (2011). Watermelon Maturity Level Based on Rind Colour as Categorization Features. IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering Research.
- [8] Ordoñez Santiago, C. A. (2005). Formatos de Imagen Digital. Revista Digital Universitaria, 5(7)
- [9] Rafael C., G. & Woods, R. E. Digital Image Processing (2<sup>nd</sup> ed.) Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- [10] Mehala, R. & Kuppusamy, K. (2013). A New Image Compression Algorithm using Haar Wavelet Transformation. International Journal of Computer Applications.
- [11] Raviraj, P. & Sanavullah, M.Y. (2007). The Modified 2D-Haar Wavelet Transform in Image Compression. Middle-East Journal of Scientific Research, 2(2), 73-78.
- [12] Stollnitz, E. J., DeRose, T. D. & Salesin, D. H. (1995). Wavelets for computer graphics: A Primer Part 1. IEEE Computer Graphics and Applications, 15(3), 76-84.
- [13] Stollnitz, E. J., DeRose, T. D. & Salesin, D. H. (1995). Wavelets for computer graphics: A Primer Part 2. IEEE Computer Graphics and Applications, 15(4), 75-85.
- [14] Amira, A. & Farrel, P. (2005). An Automatic Face Recognition System Based on Wavelet Transforms. IEEE.
- [15] Gonzalez, R. C., Woods, R. E. & Eddins, S. L. (2009). Digital Image Processing Using MATLAB. MA: Gatesmark Publishing.