

Clasificación del Mango Manila Aplicando Procesamiento de Imágenes

1st Jacquelin Aguirre Radilla
División de Estudios de Posgrado
e Investigación
Tecnológico Nacional de México
– campus Acapulco
Acapulco, Guerrero
mm20320002@acapulco.tecnm.
mx

2nd Eduardo De La Cruz Gámez
Depto. Desarrollo de Sistemas
Inteligentes
Tecnológico Nacional de México
– campus Acapulco
Acapulco, Guerrero
eduardo.dg@acapulco.tecnm.mx

3rd José Luis Hernández
Hernández
Depto. Desarrollo de Sistemas
Inteligentes
Tecnológico Nacional de México
– campus Chilpancingo
Chilpancingo, Guerrero
joseluis.hh@chilpancingo.tecnm.
mx

4th Jorge Carranza Gómez
Depto. Desarrollo de Sistemas
Inteligentes
Tecnológico Nacional de México
– campus Acapulco
Acapulco, Guerrero
jorge.cg@acapulco.tecnm.m

Resumen— El presente artículo propone el análisis y desarrollo de una herramienta computacional de bajo costo para su uso en la agricultura, se enfoca en la utilización de técnicas de Inteligencia Artificial y Visión Computacional para el análisis de las propiedades del color y la textura basadas en código abierto mediante una extracción de características específicas que logren el óptimo procesamiento para la clasificación del mango Manila por el tipo de textura y tonalidad de la cáscara, tomando en cuenta las condiciones de captura de la imagen como el ruido, iluminación y calidad de la cámara. Se desarrolla este trabajo en beneficio en primera instancia de los productores locales del estado de Guerrero y en futuro a los productores del país, de modo que se logre automatizar el proceso de clasificación de la fruta del mango Manila que se lleva a cabo hoy en día por las PYMES de la industria.

Palabras clave—visión por computadora, inteligencia artificial, mango Manila, clasificación por color y textura, procesamiento de imágenes.

I. INTRODUCCIÓN

El mango es una reconocida fruta tropical que se cultiva en 26 de los 32 estados del país, principalmente en Michoacán, Nayarit, Guerrero, Sinaloa y Chiapas. En 2016 México fue el quinto productor mundial con un volumen de 1.88 millones de toneladas; uno de cada 25 mangos consumidos en el mundo es mexicano. Una de las variantes de la fruta es el mango Manila, fruto succulento, carnoso, de forma esférica y aplanada, muy dulce y que encierra un hueso grande, aplanado, rodeado de una cubierta leñosa; su contenido alcanza más del 20% en azúcares [14].

La calidad del consumo de mango (color, sabor y firmeza) y la capacidad de conservación (como su resistencia al transporte) están ligados al desarrollo del fruto en el momento de ser recolectado.

El estudio El mango en Guerrero: Censo Agropecuario señala que las pérdidas por una equivocada cosecha pueden ser del 5 al 40% de la producción anual, estas pueden deberse a diversos factores, entre ellos están los golpes, raspones y

magulladuras; daño por insectos (mosca de la fruta); por enfermedades (antracnosis y pudriciones) y por desórdenes físicos o fisiológicos (frío, látex, sol y altas temperaturas) [9].

De acuerdo con la investigación de campo en la localidad de San Luis las Loma situada en el Municipio de Tecpán de Galeana, en el cual se visitaron huertas, clasificadoras y centros de distribución, cuando el mango ha sido recolectado es entregado a las distribuidoras para su compra, las cuales pagan por el producto hasta que pasa por el proceso de clasificación se mostró que este proceso es realizado por mujeres, cada recolectora tiene su mesa de trabajo con cajas vacías que en sus paredes tienen hojas de revista, periódico, etc.

Se comienza por colocar los mangos en la caja a la que correspondan dependiendo:

1. Tamaño: El principal factor para categorizar el mango es por su tamaño, entre mayor tamaño es mayor el precio por caja:
 - a. Extra: El mango es llamado extra cuando visualmente tiene un tamaño mayor a los demás.
 - b. Primera: Es el tamaño común requerido de una buena cosecha, es una clasificación siguiente a Extra.
 - c. Segunda: Si el tamaño es menor a la primera se le considera segunda.
 - d. Tercera: La clasificación siguiente de segunda. Algunas clasificadoras no separan el mango por tercera, si el mango es más parecido de tamaño a segunda lo pasan a esa clasificación, si es más pequeño lo dejan en cuarta.
 - e. Cuarta: El tamaño más pequeño.
 - f. Niño: Mango que no tuvo crecimiento.
2. Textura: Los agricultores, exportadores y clasificadoras como otro importante dato para separar el producto (sin importar el tamaño y color) llaman textura si el producto

no tiene una cascara de color uniforme, está manchado, tiene grietas, está raspado o la cascara está dañada de alguna manera, en estos casos el producto es clasificado en cajas donde se les llama: a. Semi.

3. Color: El color del producto deseado es en tonalidad verde, si el mango ya se encuentra maduro lo separan en dos cajas y clasificaciones diferentes:
 - a. Maduro: El mango comienza a tomar una tonalidad amarilla-naranja en su cascara, aunque el precio baja en comparación del producto en tonalidad verde, el exportador lo compra y lo clasifican en cajas como Maduro.
 - b. Desperdicio: Si el fruto está completamente en tonalidad amarilla-naranja ya no es apto para la transportación y es desechado, se coloca en las cajas del desperdicio. Las cajas desperdicio también tienen mangos de la clasificación semi donde la calidad de la textura no llega al punto donde se pueda exportar y se desecha.

En cuanto se termina de separar el fruto el pago por el producto es en relación con la cantidad de cajas que el distribuidor obtuvo y el tipo de clasificación.

Hoy en día algunas PYME's efectúan la clasificación del fruto manualmente utilizando la experiencia de conocedores que se basan en la capacidad de observación para determinar el tamaño, color y textura del mango, esto en ocasiones conlleva a inconvenientes como la obtención de resultados poco confiables.

Si se clasifica el mango de manera equivocada puede generar pequeñas hasta grandes pérdidas para el agricultor, tomando en cuenta que cada caja en que pertenece el fruto tiene un valor diferente, y si se clasifica el mango en cajas con menor valor, el agricultor no recibirá la ganancia correspondiente por su producto

Los productores de mango de la región de la Costa Grande de Guerrero consideran que la falta de competitividad en exportaciones del fruto se debe a la deficiencia en la clasificación de las características de calidad que se requiere por parte de los países importadores. Los métodos de clasificación siguen siendo manuales y con muy baja o nula automatización en el estado.

Tomando en cuenta la información recabada en las huertas del poblado San Luis las Lomas del estado de Guerrero, esta propuesta se basa en aportar a las PYME's de la industria una herramienta que ayude a los clasificadores a determinar en que caja corresponden los mangos que han sido clasificados como "semi" por las distribuidoras, ya que de esta manera se ayuda a evitar que por una equivocada clasificación manual algunos mangos del tipo semi se encuentren mal posicionados y puedan pertenecer a otras cajas de mayor valor.

II. METODOLOGÍA

La técnica propuesta para la clasificación del mango Manila es el procesamiento de imágenes, el proceso inicia a

partir de la adquisición de la imagen hasta la clasificación de alguna variable y se desarrolla en cinco etapas.

En la Fig. 1 se muestra la metodología que se propone utilizar para el desarrollo del proyecto, seguido de una descripción de lo que se pretende realizar en cada una de ellas:

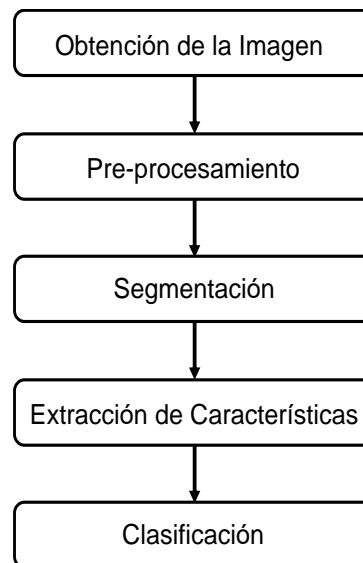


Fig. 1. Propuesta de metodología para realizar el proyecto.

A. Obtención de la Imagen

El usuario tomará una fotografía del mango que desea clasificar, la imagen digital que se obtenga será del mango Manila en un fondo blanco, ver Fig. 2.

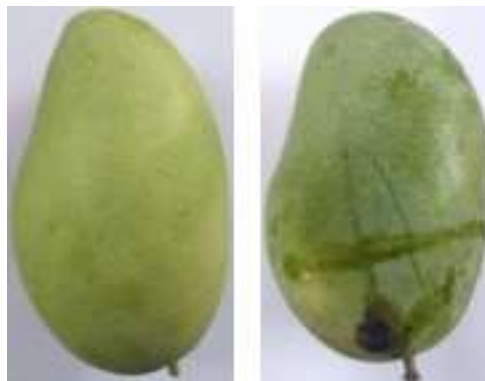


Fig. 2. Adquisición de imagen sobre un fondo blanco.

Tomando en cuenta que se pretende utilizar esta herramienta como apoyo a la clasificación del fruto en tiempo real, factores como la iluminación (hora del día en que se capture la imagen), condiciones climáticas (lluvia, cielo soleado o nublado, etc.) y la calidad de la cámara del dispositivo utilizado, son elementos externos que pueden evitar obtener una detección favorable, sin embargo, al no tener un control del estado en que se procesa la imagen es de relevancia la elección del sensor adecuado para mejorar el rendimiento, orientado hacia la obtención de imágenes con la calidad

adecuada (suficiente resolución y sin distorsiones) para realizar el procesamiento.

Los frutos desenfocados no proveen las propiedades adecuadas para la discriminación. Se necesita un sistema compatible entre el sensor y la lente para evitar cualquier distorsión en la imagen.

B. Pre-procesamiento

Una vez obtenida la imagen que se va a analizar, en esta etapa se pretende reducir el ruido (información no deseada) y mejorar la visibilidad de la imagen obtenida por la cámara, con el fin de obtener características correctas para continuar el pre-procesamiento.

Se propone aplicar un filtro que al suavizar la imagen suprima las variaciones de intensidad y el ruido, y al detectar los píxeles donde se genera un cambio notable en la función de intensidad se logran identificar los bordes del fruto.

Además, se pretende utilizar las operaciones morfológicas, las cuales eliminan o disminuyen el ruido sin afectar aspectos que pueden ser relevantes en la imagen tal como bordes, contornos, texturas e intensidad.

La imagen obtenida, generalmente, está en formato RGB, que es el que manejan la mayoría de los sensores ópticos, sin embargo, para obtener resultados más confiables, la imagen obtenida va a ser convertida a los formatos HSV y HSI, y trabajar con alguno de los canales sugeridos (H, S, I, S, V).

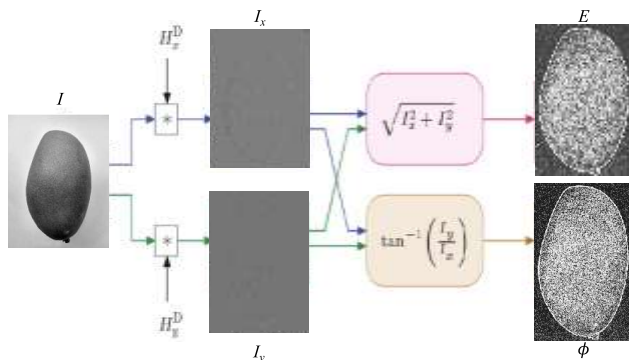


Fig. 3. Proceso de extracción de bordes a través del operador Sobel [2].

En la Fig. 4 se muestra del lado izquierdo la imagen del mango original, siguiendo la imagen original ecualizada. Para evaluar la luminosidad de las imágenes de mangos en la Fig. 4, su histograma se encuentra en el mismo orden.

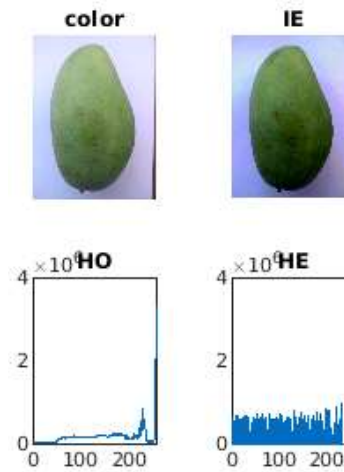


Fig. 4. Imagen original y ecualizada, con sus respectivos histogramas.

En la Fig. 5 se presenta del lado izquierdo la imagen original convertida a gris, seguida la imagen en gris ecualizada. Al igual que en la Fig. 4, para evaluar la luminosidad de las imágenes de mangos en la Fig. 5, su histograma se encuentra en el mismo orden.

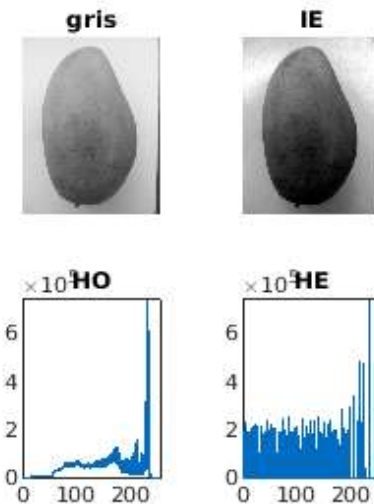


Fig. 5. Imagen original en gris y la ecualizada del gris, con sus respectivos histogramas.

Dentro de las pruebas realizadas, se muestran las imágenes del mango en las diferentes capas RGB, en la Fig. 6 la capa R (red), Fig. 7 la capa G (green), y en la Fig. 8 la capa B (blue).

Cada imagen presenta en la parte superior izquierda la imagen original en la capa correspondiente, a mano derecha muestra la imagen ecualizada de la capa y de igual forma que en la Fig. 4 se presentan los histogramas de cada imagen en la fila inferior a ellas.

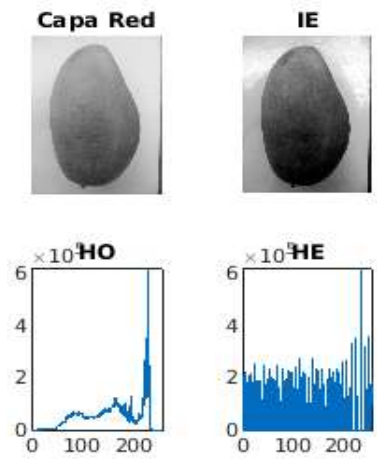


Fig. 6. Imagen original en la capa R, ecualizada, y con sus respectivos histogramas.

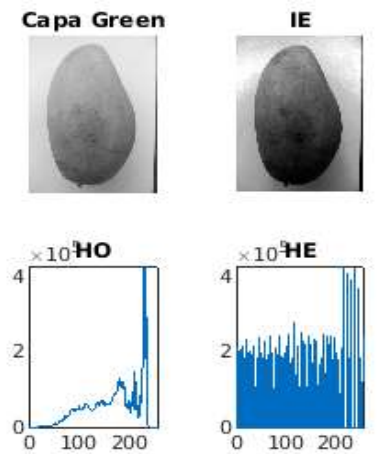


Fig. 7. Imagen original en la capa G, ecualizada, y con sus respectivos histogramas.

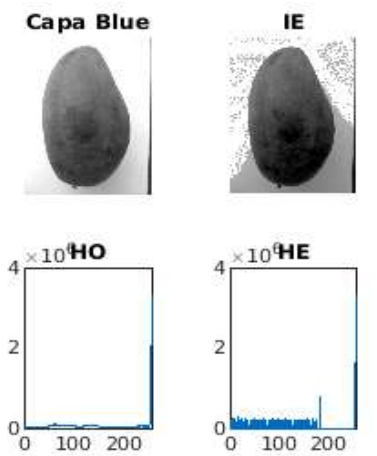


Fig. 8. Imagen original en la capa B, ecualizada, y con sus respectivos histogramas.

Se realizó una extracción de bordes, la cual se presenta en la Fig. 9, en dicho proceso se utilizó el operador Sobel (haciendo referencia al proceso mostrado en la Fig. 3) por ser un operador diferencial que hace el cálculo del acercamiento al gradiente de la función de intensidad de la imagen del mango Manila.

La implementación del método del gradiente a la imagen del mango se realiza posterior al proceso del filtrado, al finalizar se ecualizada la imagen, ver Fig. 9.

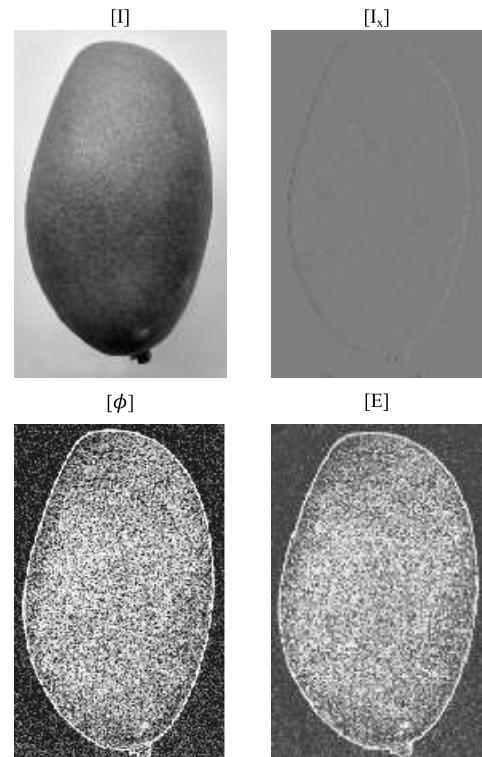


Fig. 9. Implementación del método del gradiente utilizando el operador Sobel.

C. Segmentación

Una vez que se tiene la imagen con disminución de ruido y algunas propiedades de interés han sido resaltadas, lo siguiente es obtener la imagen donde solo se muestre la zona del mango Manila, esto ayudando a la obtención de características.

Se separa la imagen convirtiéndola en binaria conservando lo necesario para el área de estudio y para obtener dos partes:

- 1) El Fondo.
- 2) El Fruto (mango Manila).

Al mismo tiempo, se debe prevenir que la región del mango puede llegar a presentar defectos de intensidad que lo asocien al fondo, por lo que se debe llenar con pixeles (en este caso con valor 1) o los agujeros en la zona, para extraer una imagen completa del fruto.

El método para aislar tales regiones se obtiene al aplicar el algoritmo de umbralización propuesto por Otsu [12], el cual resulta ser un mecanismo eficiente para aislar objetos en

imágenes en escala de gris (o en algún otro canal de los modelos de color).

En este caso, los objetos a segmentar consisten en la zona afectada y la zona no afectada. Por lo tanto, el resultado de este paso es una imagen binarizada donde se observan aisladas las zonas de interés (regiones que contienen la característica observada en el cuerpo de la fruta).

D. Extracción de Características

Las características propuestas para analizar son en base al color y la textura, tomando en cuenta que se pretende examinar la cascara del fruto para determinar desperfectos y el estado de madurez.

Para separar la información de intensidad de los elementos relacionados con la tonalidad de la cascara y describirlos como un humano lo haría [5], de las diversas variantes de color se pretende analizar:

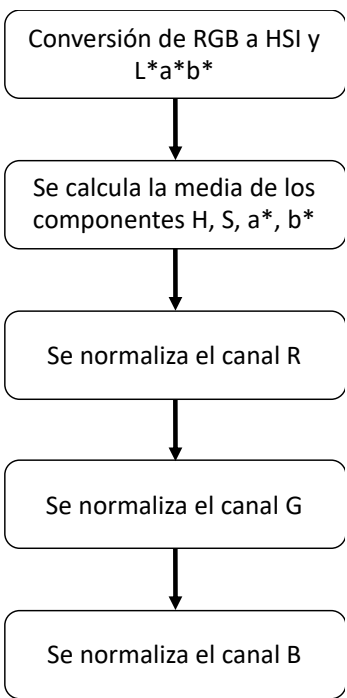


Fig. 10. Etapas para la extracción de características de la propiedad del color.

La textura de la superficie de la cáscara del mango corresponde al grado de intensidad de distribución a nivel espacial y dadas las peculiaridades que presente se puede estimar en: granulación, fineza, suavidad, rugosidad, etc.

Por lo anterior mencionado se propone aplicar métodos estadísticos:

- Medias estadísticas de primer orden: histograma (media, varianza, correlación, energía, entropía, etc.).
- Medidas estadísticas de segundo orden: matrices de coocurrencia (energía, entropía, contraste, homogeneidad, y correlación).

En esta etapa se propone considerar como un vector de frecuencias de dimensión k , en donde k es la cantidad de tonos que aparecen en la imagen del mango Manila, y cada elemento del vector será la frecuencia de aparición de un color, se propone analizar:

TABLA I. EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS PARA LA PROPIEDAD DEL COLOR.

| Propiedad del color | | |
|---------------------|---------------------------------------|--|
| 1 | Distribución de transformada de color | Para el histograma se normaliza cada canal RGB de forma independiente |
| 2 | $L^*a^*b^*$ | <ul style="list-style-type: none"> •Desviación estándar componente a^* •Desviación estándar componente b^* •Media componente a^* •Media componente b^* |
| 3 | HSI | <ul style="list-style-type: none"> •Desviación estándar componente H •Desviación estándar componente S •Media componente H •Media componente S |

Para lograr esto se propone seguir las etapas mostradas en la Fig. 10.

TABLA II. EXTRACCIÓN DE CARACTERÍSTICAS PARA LA PROPIEDAD DE LA TEXTURA.

| Propiedad de la textura | | |
|-------------------------|----------|--|
| 1 | Media | Nivel medio de intensidad |
| 2 | Varianza | Varianza de la intensidad (ancho del histograma) |
| 3 | Entropía | Momento Diferencial Inverso (Homogeneidad) |

E. Clasificación

Una vez que se tengan listas las características obtenidas en la etapa anterior, la identificación de la afectación en frutos se va a determinar en esta etapa.

Se planea realizar un seguimiento de la fase de clasificación del mango Manila en los diferentes tipos en los que se separa el producto, y etiquetar los estados como extra, primera, segunda, tercera, cuarta, maduro, y semi, junto con sus respectivas características de entrada y salida.

Se pretende utilizar para este fin un enfoque de clasificación basado en datos estadísticos. Se considera para esto el uso de dos clasificadores:

- 1) Clasificador bayesiano.
- 2) Clasificador basado en máquina de vectores soporte (MVS).

La característica que distingue a estos clasificadores es que son métodos guiados por datos (data-driven) esto significa que entre más información exista para entrenar al modelo, mejores resultados se obtendrán en la clasificación.

Un aspecto por considerar es que el clasificador basado en MVS tiene la ventaja de que proporciona resultados satisfactorios aún con una cantidad limitada de datos.

III. CONCLUSIONES

El artículo propone el desarrollo de una herramienta que se espera sea de utilidad para la industria agrícola del mango en el estado de Guerrero, empleando un método que clasifique el mango Manila utilizando procesamiento de imagen y visión artificial.

En el pre-procesamiento se utilizó el operador de Sobel porque al compararse con otros operadores produce menos ruido y bordes más definidos. Además, la aplicación del método para la detección de bordes en las imágenes digitales del mango mejoró a partir de la aplicación previa de filtros que buscan inhibir el ruido.

El proyecto se encuentra en propuesta, por lo tanto, no se han obtenido resultados, lo cual evita conocer la capacidad del proceso planteado y la precisión en base a las condiciones de la captura de la imagen digital, el hardware que se utilizará para la detección y componentes externos como la iluminación y el clima.

REFERENCIAS

- [1] Bernal Catalán, E., De la Cruz Gámez, E., Montero Valverde, J. A., Hernández Reyna, R., & Hernández Hernández, J. L. (2021). Detection of Exudates and Microaneurysms in the Retina by Segmentation in Fundus Images. *Mexican Journal of Biomedical Engineering*, 42(2), 67-77. Retrieved from <http://www.rmib.mx/index.php/rmib/article/view/1136>.
- [2] Bhargava, A., and Bansal, A. (2018). Fruits and vegetables quality evaluation using computer vision. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences*.
- [3] Burger, W., and Burge, M.J. (2016). *Digital image processing: an algorithmic introduction using Java*. Springer.
- [4] Carranza Flores, J., Martínez Arroyo, M., Montero Valverde, J., Hernández Hernández, J. Clasificación de imágenes de los daños causados por el minador de los cítricos en la hoja del limón mexicano. *IEEE*.
- [5] Escobar, M.A., and Castaño, J.O. (2018). Determinación del estado de madurez del aguacate mediante procesamiento de imágenes con la raspberry pi. *Programa de Ingeniería Eléctrica*.
- [6] Forsyth, D. (2018). *Probability and Statistics for Computer Science*. Springer.
- [7] Hernández-Hernández, J. L., García-Mateos, G., González-Esquivá, J. M., Escarabajal-Henarejos, D., Ruiz-Canales, A., & Molina-Martínez, J. M. (2016). Optimal color space selection method for plant/soil segmentation in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 122, 124-132, <https://doi.org/10.1016/j.compag.2016.01.020>
- [8] Herrera, J., Medina, S., Martínez, G., Beleño, K., and Berrio, J. (2016). Clasificación de los frutos de café según su estado de maduración y detección de la broca mediante técnicas de procesamiento de imágenes of paper. *Prospectiva*, volumen (14), 15-22.
- [9] Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2007). *El mango en Guerrero: Censo Agropecuario 2007*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
- [10] La Serna, N., Contreras, W., and Ruiz, M.E. (2010). Procesamiento Digital de textura: Técnicas utilizadas en aplicaciones actuales de CBIR. *Revista de investigación de sistemas e informática*, volumen (7), 57-64.
- [11] Megha, P., and Arakeri, L. (2016). Computer Vision Based Fruit Grading System for Quality Evaluation of Tomato in Agriculture industry. *7th International Conference on Communication, Computing and Virtualization*.
- [12] Otsu, N. Otsu, A threshold selection method from Gary level histograms. *IEEE Trans Systems, Man and Cybernetics*, Vol. 9, pp. 62-66, 1979.
- [13] Patel, H.N., Jain, R.K., and Joshi, M.V. S.H. (2011). Fruit Detection using Improved Multiple Features based Algorithm. *International Journal of Computer Applications*.
- [14] Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural (2017). *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030*. Secretaría de Cultura y Desarrollo Socia.
- [15] Subey, S.H., and Jalal, A.S. (2012). Adapted Approach for Fruit Disease Identification using Images. *International Journal of Computer Vision and Image Processing*, 44-58.
- [16] Szeliski, R. (2011). *Computer Vision, Algorithms and Applications*. Springer.
- [17] Zhang, Y., Lian, J., Fan, M. (2018). Deep indicator for fine-grained classification of banana's ripening stages. *Journal on Image and Video Processing*.