

**DESARROLLO DE ALGORITMO Y PROTOTIPO MÓVIL PARA MEDIR EL GRADO
DE
MADUREZ DEL AGUACATE HASS MEDIANTE PROCESAMIENTO DIGITAL DE
IMÁGENES.**

**WILLIAM ENRIQUE CHOQUE VALDERRAMA
CRISTIAN CAMILO SALAZAR SALAZAR**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, FÍSICA Y
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
PEREIRA
2016**

**DESARROLLO DE ALGORITMO Y PROTOTIPO MÓVIL PARA MEDIR EL GRADO
DE
MADUREZ DEL AGUACATE HASS MEDIANTE PROCESAMIENTO DIGITAL DE
IMÁGENES.**

**WILLIAM ENRIQUE CHOQUE VALDERRAMA
CRISTIAN CAMILO SALAZAR SALAZAR**

**DIRECTOR
MSC. CESAR AUGUSTO JARAMILLO ACEVEDO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE INGENIERÍAS: ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA, FÍSICA Y
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN
PEREIRA
2016**

Nota de Aceptación

Firma del Jurado

Pereira, junio de 2016

CONTENIDO

1. GENERALIDADES

1.1. TÍTULO

1.2. INTRODUCCIÓN

1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

1.4.2. Objetivos específicos

1.5. MARCO DE REFERENCIA

1.5.1. Marco conceptual

1.6. HIPÓTESIS

1.7. METODOLOGÍA

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. INTRODUCCIÓN

2.2. ANÁLISIS

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ALGORITMOS PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

3.2. APLICACIÓN MÓVIL

3.3. ESCALA DE MADUREZ

4. DESARROLLO

4.1. DETALLES DEL DESARROLLO DEL TRABAJO

4.1.1. Algoritmos y modelos matemáticos para el análisis de las imágenes digitales

4.1.2. Escala de madurez y clasificación del aguacate

4.1.3. Prototipo móvil

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

6. BIBLIOGRAFÍA

LISTA DE TABLAS

LISTA DE FIGURAS

ANEXOS

1. GENERALIDADES

1.1. TÍTULO

- Desarrollo de algoritmo y prototipo móvil para medir el grado de madurez del aguacate Hass mediante procesamiento digital de imágenes.

1.2. INTRODUCCIÓN

La producción de aguacate Hass está presente en diferentes regiones de Colombia. Los agricultores cosechan el aguacate cuando ha alcanzado su madurez fisiológica y desde allí puede ser dispendioso conocer su estado de madurez para los comercializadores o consumidores. Por ello se hace necesario tener conocimiento sobre el estado de maduración del fruto con ayuda de herramientas tecnológicas para facilitar su clasificación en base a su madurez y determinar su tiempo de vida, proporcionando detalles precisos para su exportación y venta regional.

Los principales criterios de maduración son el cambio de color y pérdida de brillo de la fruta, los cuales pueden ser poco precisos debido a la subjetividad de cada persona. La idea principal es capturar el color y brillo del aguacate por medio de imágenes digitales para analizar su estado y obtener su clasificación.

1.3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la actualidad la selección del fruto, en este caso el aguacate es manual. No es fácil a simple vista ver las cualidades de madurez del fruto, el cual provoca una necesidad de ver tangiblemente su estado de madurez poniendo en riesgo la integridad del mismo, son pocas personas capaces de ver a simple vista, esto retrasa en gran medida la recolección, repartición y distribución por la cual se ve afectada la comercialización

en grandes cantidades de aguacate.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar algoritmo y un prototipo móvil para medir el grado de madurez del aguacate Hass mediante procesamiento digital de imágenes.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el modelo matemático que permita medir el grado de madurez del aguacate Hass.
- A partir del modelo matemático desarrollar algoritmos que permitan medir el grado de madurez del aguacate Hass
- Implementar un prototipo móvil.

1.5. MARCO DE REFERENCIA

1.5.1. Marco conceptual

- **Madurez fisiológica:** Una fruta se encuentra fisiológicamente madura cuando ha logrado un estado de desarrollo y tamaño en el cual ésta puede continuar madurando normalmente para consumo aún después de cosechada.
- **Madurez hortícola:** Es el estado de desarrollo en que la fruta se encuentra apta para su consumo u otro fin comercial. La madurez hortícola puede coincidir o no con la madurez fisiológica.
- **Madurez de consumo u organoléptica:** estado de desarrollo en que la fruta reúne las características deseables para su consumo (color, sabor, aroma, textura, composición interna). [2]

- **Climatéricos:** frutos que continúan su proceso de maduración aún después de ser cosechados prematuramente.
- **Vida de anaquel:** período en el cual, bajo circunstancias definidas, se produce una tolerable disminución de la calidad del producto. Es la ventana de tiempo en la cual el producto conserva su calidad en sabor, textura y valor nutricional.
- **Procesamiento de imágenes:** es el conjunto de técnicas que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información.
- **Algoritmo:** conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problemas.
- **Servidor:** es un software o una aplicación en ejecución capaz de recibir peticiones de un cliente.
- **Proceso:** es un programa en ejecución. Ejecuta las tareas que fueron definidas en un algoritmo.
- **Multiprocesamiento:** se define como multiprocesamiento al uso de dos o más procesadores en una sola máquina o computadora. El multiprocesamiento ofrece la capacidad de ejecutar varias tareas paralelas.
- **Hilo:** un hilo es un subproceso, el cual convierte un proceso más grande en subprocesos. Se pueden dar en ejecución secuencial, concurrente o paralelo.

1.6. HIPÓTESIS

¿Es posible desarrollar un algoritmo que permita medir el grado de madurez del aguacate Hass mediante procesamiento digital de imágenes?

1.7. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

El tipo de investigación es Cuantitativa-Exploratoria, debido a La forma de plantear y

resolver el problema, la escala y la predicción de madurez del aguacate Hass en nuestra región es un campo inexplorado, las bases que se tienen de estas mediciones son muy artesanales y a la fecha no se han realizado investigaciones ni aportes para la medición escalable de la madurez del fruto.

Método de investigación

- Realizar investigaciones sobre el aguacate Hass, leer y consultar todo lo conocido del mismo.
- Realizar trabajo de campo, visitas técnicas a las asociaciones y las fincas productoras con fin de conocer y expandir nuestro conocimiento.
- Empezar a formular hipótesis, toma tiempos, toma de imágenes y diagnósticos de pruebas.
- Generar base del conocimiento con las imágenes ya calificadas.
- Realizar la escala de madurez del fruto.
- Verificar su veracidad y ajustar el porcentaje de error.

Técnicas para la recolección de información

- Entrevistas a profesionales o personal con experiencia en la industria del aguacate Hass
- Recolección de información necesaria por medio de la observación de aguacates en sus diferentes estados de maduración.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo del proyecto consta de la creación y la medición del grado de madurez de un aguacate Hass, por medio del cual la clasificación del mismo será más eficiente, y eficaz proporcionando un grado de comercialización más alto con las pérdidas más bajas del mercado. El modelo se plantea por medio de una escala cuantitativa desde el estado más básico, el estado “verde” (inmaduro) hasta el estado más alto de madurez “maduro”, la escala tendrá una medición de tiempos y predicción de los mismos, todo esto en base de un estudio haciendo trabajo de campo, planificando, hablando con los agricultores y planteando hipótesis, por medio del método científico.

El trabajo de campo se desarrollará en el departamento de Risaralda, con las asociaciones y las fincas productoras del aguacate Hass, se espera realizar un trabajo en conjunto con los agricultores expertos en la recolección del fruto, para hacer la estimación de tiempos y además la clasificación del mismo.

Para la clasificación o selección del fruto es necesario poseer tecnologías básicas de captura de imágenes. El algoritmo se desarrollará por medio del procesamiento de imágenes basándonos en las mediciones y características tomadas en el trabajo de campo realizado.

2.2. ANÁLISIS

Edgar Roa Guerrero and Gustavo Meneses Benavides, "Automated system for classifying Hass avocados based on image processing techniques", 2014 IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM), 2014.

Análisis

El artículo explica cómo trabaja un algoritmo capaz de clasificar aguacates Hass con un promedio de precisión de 87 %. Como primer paso, el algoritmo construye una base de datos con las características de los aguacates obteniendo la información de fotos capturadas de aguacates clasificados por su madurez según expertos en el fruto, posteriormente recibe la imagen que el usuario desea clasificar. Procede a hacer un filtrado con el fin de minimizar el ruido en la imagen y eliminar objetos indeseados; continúa con aplicar análisis discriminante lineal para lograr separar el fondo de la imagen y el aguacate. Desde allí aplica la técnica de clasificación K-means clasificando los aguacates en tres grupos: rojo, aguacate verde; azul, aguacate muy maduro o pasado; verde, aguacate maduro. Posteriormente calcula el porcentaje de rojo, verde y azul extraído de la imagen procesada para lograr su clasificación basándose en la base de datos obtenida inicialmente.

Aporte

El artículo brinda un método detallado en la captura de la información, además nos aporta el concepto y el uso del método de agrupamiento K-means con el que es posible agrupar y clasificar los aguacates en tres grupos.

A. Nasaruddin, S. Mohd Shah Baki and N. Md. Tahir, "Watermelon maturity level based on rind colour as categorization features", *2011 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering*, 2011.

Abstract - This paper proposed categorization of watermelon maturity level based on rind colour. 30 samples are used to develop the new algorithm. Firstly, image of the fruit is captured in RGB format using a digital camera. The RGB image then is converted into gray scale image to undergo pre-processing. Here, the watermelon is extracted from the unwanted background by scanning the image for connected pixels or blobs,

followed by the elimination of the unwanted blobs having certain area, leaving the desired object intact. Masking process is performed to obtain image of the watermelon with a black background. The colour components of the masked image namely red, green and blue are extracted and used as features in determining the maturity level of the watermelon. Another 30 samples are used to test the technique to validate the proposed method. Initial results attained proved that this method is appropriate and at par as compared to opinion from the human expert.

Análisis

El artículo explica el proceso para lograr la clasificación de sandías, la cual usa una metodología similar a proceso anteriormente mencionado sobre la clasificación de aguacate. La mayor diferencia entre estos dos algoritmos es el procesamiento de la imagen y que de una manera sencilla obtiene el color de los componentes de RGB desde cada uno de los píxeles que componen la imagen del fruto para calcular la media aritmética de sus componentes (red, green, blue). En los experimentos realizados en este método, notaron que el componente “blue” marcaba muy poco la diferencia para la clasificación de las sandías y por ello no se tuvo en cuenta al momento de establecer los intervalos que denotan el estado de madurez.

La siguiente tabla muestra los intervalos establecidos para la clasificación de madurez con la sandía:

Tabla 1:

Promedio obtenido de RGB para la madurez de la sandía

Estado de madurez	Media green (Píxeles)	Media red (Píxeles)
Verde	<94.64	< 55.55
Maduro	94.65 - 104.00	55.56 - 62.25
Pasado	> 104.10	> 62.26

Si al aplicar el proceso a un fruto y se obtiene la media de sus píxeles en rojo de 58, y la media del verde en 97, la tabla lo clasificará el fruto en estado maduro, pero si llega el caso en que la media de los píxeles verdes sea clasificada como maduro y la media de los píxeles rojos se clasifique como pasado de madurez, se debe tomar en cuenta la media de los píxeles azules para lograr clasificarlo correctamente.

Este método para la clasificación fue probado con 30 sandías y tuvo un grado de precisión del 90 % basándose en las clasificaciones de humanos expertos en el fruto.

Aporte

El artículo nos aporta un método sencillo e interesante para extraer la información de una imagen capturada. Procesa la información para obtener el promedio de los colores trabajando con el espacio de color RGB con el que obtuvo la tabla precisa que logra clasificar el fruto con facilidad y precisión.

I. Arzate-Vázquez, J. Chanona-Pérez, M. Perea-Flores, G. Calderón-Domínguez, M. Moreno-Armendáriz, H. Calvo, S. Godoy-Calderón, R. Quevedo and G. Gutiérrez-López, "Image Processing Applied to Classification of Avocado Variety Hass (*Persea americana* Mill.) During the Ripening Process", *Food and Bioprocess Technology*, vol. 4, no. 7, pp. 1307-1313, 2011. This work was undertaken to analyze the ripening process of avocados variety Hass (*Persea americana* Mill.) by image processing (IP) methodology. A set of avocados (10 samples) was used to follow the changes in image features during ripening by applying a computer vision system, extracting color and textural parameters. Other 16 avocados were used to evaluate the firmness and mass loss. Three maturity stages of avocados were established, and a classification was obtained by applying principal component analysis and *k*-nearest neighbor algorithm. During the ripening process (12 days), avocado firmness decreased from 75.43 to 2.63 N, while skin color values kept invariable during 6 days; after that, a decrement in the peel green color (a^*) was observed (-9.68 to 2.32). Image features

showed that during ripening the color parameters (L^* , a^* , and b^*), entropy (4.29 to 4.00), angular second moment (0.287 to 0.360), and fractal dimension (2.58 to 2.44) had a similar path as compared to mass loss, a^* , and firmness ripening parameters, respectively. Relationships between image features and ripening parameters were obtained. The parameter a^* was the most useful digital feature to establish an acceptable percentage of avocado classification (>80%) in three different maturity stages found. Results obtained by means of IP could be useful to evaluate, at laboratory level, the ripening process of the avocados.

Análisis

Este trabajo se basó en la madurez de un aguacate hass, se utilizó un conjunto de aguacates (10 muestras) para seguir los cambios en las características de la imagen durante la maduración mediante la aplicación de un sistema de visión por ordenador, la extracción de color y parámetros de textura. Otros 16 aguacates se utilizaron para evaluar la firmeza y la pérdida de masa. Durante el proceso de maduración (12 días), la firmeza del aguacate se redujo de 75.43 a la 2.63 N, mientras que los valores de color de la piel mantienen invariables durante 6 días; después de eso, se observó una disminución en el color verde cáscara (a^*) (-9,68 a 2,32). características de la imagen demostró que durante la maduración de los parámetros de color (L^* , a^* , y b^*), la entropía (4,29-4,00), segundo momento angular (0,287 a 0,360), y la dimensión fractal (2,58-2,44) tenía un camino similar como en comparación con la pérdida de masa, a^* , y los parámetros de firmeza de maduración, respectivamente. Se obtuvieron relaciones entre características de la imagen y los parámetros de maduración. El parámetro a^* fue la característica digital más útil establecer un porcentaje aceptable de la clasificación de aguacate (> 80%) en tres estados de madurez diferentes que se encuentran.

A. Clément, M. Dorais and M. Vernon, "Multivariate Approach to the Measurement of Tomato Maturity and Gustatory Attributes and Their Rapid Assessment by Vis-NIR Spectroscopy", *J. Agric. Food Chem.*, vol. 56, no. 5, pp. 1538-1544, 2008.

Standard methods for determining quality and maturity are time- and labor-consuming and generally measure individual criteria at a specific time, without considering relationships among quality parameters. To propose a rapid and nondestructive analysis method describing multidimensional quality variables, an experiment was undertaken with mature green to overripe tomato fruits found on the North American retail markets. Factor analysis was used to analyze results. Four factors were considered, representing 81% of total variance. The first one, tomato maturity stage (TMS), is related to color, lycopene content, firmness, titratable acidity (TA), pH, and soluble solids (SS). Nondestructive rapid assessment by vis-NIR spectroscopy can predict TMS ($r^2 = 0.93$). Factors 2 and 3 are both related to taste and should be considered simultaneously. Factor 2, called the gustatory index, is linked to electrical conductivity (EC), SS, TA, and pH. Factor 3, defined by SS, can be directly measured by a refractometer. Four categories of taste are proposed; the most desirable one ranks high both in soluble solids (above 4.5° Brix) and in gustatory index (above 0). It was not possible to measure the gustatory index by vis-NIR spectroscopy ($r^2 = 0.17$), but it can be estimated by EC, using a simple formula. The proposed limit between high and low gustatory index then corresponds to an EC of 5.4 mS/cm. Factor 4, variety, mostly discriminates the pink tomato type and field-grown samples from other varieties.

Análisis

Para proponer un método rápido y no destructivo de análisis que describe el algoritmo, un experimento se llevó a cabo con el verde de los frutos de tomate maduro demasiado maduros encontrados en los mercados minoristas de América del Norte. Se utilizó el análisis factorial para analizar los resultados. Cuatro factores fueron considerados, representando el 81% de la varianza total. La primera de ellas, la etapa de madurez del

tomate (TMS), está relacionada a color, contenido de licopeno, la firmeza, la acidez valorable (TA), el pH y los sólidos solubles (SS).

Los factores 2 y 3 son a la vez relacionadas con el gusto y debe considerarse al mismo tiempo. El factor 2, denominado índice gustativa, es ligada a la conductividad eléctrica (EC), SS, TA, y pH. El factor 3, definido por las SS, puede ser directamente medido por el refractómetro.

El límite propuesto entre alto y bajo índice gustativa corresponde entonces a un CE de 5,4 mS / cm. Factor 4, variedad, sobre todo discrimina el tipo de color ros de tomate y el campo de cosecha propia muestras de otras variedades.

Aporte

El aporte para el proyecto es tomar en cuenta todos los datos y los procedimientos no invasivos en los frutos.

H. Calvo, M. Moreno-Armendáriz and S. Godoy-Calderón, "A practical framework for automatic food products classification using computer vision and inductive characterization", *Neurocomputing*, vol. 175, pp. 911-923, 2016.

With the increasingly international regulatory demands for food products import and export, as well as with the increased awareness and sophistication of consumers, the food industry needs accurate, fast and efficient quality inspection means. Each producer seeks to ensure that their products satisfy all consumer's expectations and that the appropriate quality level of each product is offered and sold to each different socio-economic consumer group. This paper presents a framework that uses computer vision and inductive characterization with a reduced set of features, along with three cases where this framework has been successfully applied to improve the quality inspection process. Three different basic food products are studied: Hass Avocado, Manila Mango and Corn Tortillas. These products are very important in economical terms for the sheer volume of their production and marketing. Each product has particular characteristics that involve different ways of handling the quality inspection process, but this framework

allows addressing common key points that allow automatizing this process. Experimental results of each case shows that the proposed technique is competitive with existing systems and has significantly lower costs in terms of the number of features required for classification

Análisis

Este documento presenta un marco que utiliza la visión por ordenador y caracterización inductivo con un conjunto reducido de características, junto con tres casos en los que este marco se ha aplicado con éxito para mejorar el proceso de inspección de calidad. Tres productos diferentes alimenticios se estudian: El aguacate Hass, Manila Mango y tortillas de maíz. Estos productos son muy importantes en términos económicos para el volumen de su producción y comercialización. Cada producto tiene características particulares que implican diferentes formas de manejar el proceso de inspección de calidad, pero este marco permite abordar puntos clave comunes que permiten automatizar este proceso.

Aporte

no contribuye en nada en el proyecto, pero nos da perspectiva en cuanto a la calidad de los frutos.

G. Capizzi, G. Sciuto, C. Napoli, E. Tramontana and M. Woźniak, "Automatic Classification of Fruit Defects based on Co-Occurrence Matrix and Neural Networks", *Proceedings of the 2015 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, 2015.

Abstract—Nowadays the effective and fast detection of fruit defects is one of the main concerns for fruit selling companies. This paper presents a new approach that classifies fruit surface defects in color and texture using Radial Basis Probabilistic Neural

Networks (RBPNN). The texture and gray features of defect area are extracted by computing a gray level co-occurrence matrix and then defect areas are classified by the applied RBPNN solution.

Análisis

Este artículo explica tres tipos de métodos utilizados para lograr obtener una correcta clasificación de frutas, extraer las características presentes y lograr detectar defectos que se hayan producido. La clasificación de frutos basado en la forma permite obtener datos como el perímetro, la mayor y menor distancia sobre el eje X y el eje Y. Posterior a esto se toma la clasificación basada en color convirtiendo RGB a otro modelo de colores como es HSV. Cada fruto analizado entrega diferentes valores en la media de colores en HSV. Como tercer método se utiliza la clasificación basada en texturas, Gray level co-occurrence matrix (GLCM) es usado para obtener características en la textura de la imagen. GLCM representa la forma de tabulación que contiene diferentes combinaciones de valores de brillo de los píxeles (niveles de gris) que se produce en una imagen. Para el cálculo de las diferentes características de textura como la entropía, la energía, la homogeneidad y la disimilitud es creada la co-occurrence matrix.

Aporte

La posibilidad de procesar las características en el fruto para detectar posibles defectos que se hayan producido en la manipulación del mismo, información como el perímetro, la mayor y menor distancia sobre el eje X y el eje Y y el procesamiento de las características como las texturas con uso redes de neuronas artificiales son los mayores aportes que se obtienen del análisis realizado al artículo de revista.

R. Amirulah, M. Mokji and Z. Ibrahim, "Starfruit Color Maturity Classification Using Cr as Feature", 2010 Sixth International Conference on Signal-Image

Technology and Internet Based Systems, 2010.

Abstract— The quality inspection for export starfruit is still perform manually by human labor until today. Due to manual process, a real-time system for starfruit color maturity inspection is developed in this paper. In real-time application, most of the image acquisition device is using YCbCr color space data such as CCD camera. This paper presents the modification on the previous starfruit color maturity classification algorithm which is based on RGB color space into YCbCr color space. In this new modified algorithm, the system is faster than before because the starfruit maturity classification process operates without any mathematical operation involved in the feature extraction process. This process is possible as the color information can be obtained directly from the Cb and Cr component which is not the case in the RGB color space. Based on the experiment results, the classification accuracy for the modified algorithm is 96%.

Análisis

Diferentes algoritmos para clasificar frutos han sido propuestos basado en el espacio de color de RGB, este artículo presenta una conversión y trabaja sobre el espacio YCBCr aportando un aumento en la velocidad porque el proceso no contiene operaciones matemáticas en la extracción de características.

El proceso de clasificación está dividido en 6 escalas en las que se indican desde el estado más biche del fruto hasta la clasificación 6 que indica su consumo a nivel regional al haber alcanzado su mayor estado de madurez. El proceso de clasificación es posible realizarlo obteniendo la información de color directamente desde el espacio YCbCr. Basado en los experimentos realizados, se estima una exactitud en las salidas del algoritmo en 96 %.

Aporte

El Artículo presenta la posibilidad de trabajar desde el espacio de color YCbCr o realizar la conversión a ella, aportando un aumento en la velocidad del proceso al

eliminar las operaciones matemáticas presentes. Esto es posible ya que obtiene la información de color directamente de Cb y Cr.

F. Hahn, "Actual Pathogen Detection: Sensors and Algorithms - a Review", *Algorithms*, vol. 2, no. 1, pp. 301-338, 2009.

Pathogens feed on fruits and vegetables causing great food losses or at least reduction of their shelf life. These pathogens can cause losses of the final product or in the farms where the products are grown, attacking leaves, stems and trees. This review analyses disease detection sensors and algorithms for both the farm and postharvest management of fruit and vegetable quality. Mango, avocado, apple, tomato, potato, citrus and grapes were selected as the fruits and vegetables for study due to their world-wide consumption. Disease warning systems for predicting pathogens and insects on farms during fruit and vegetable production are commonly used for all the crops and are available where meteorological stations are present. It can be seen that these disease risk systems are being slowly replaced by remote sensing monitoring in developed countries. Satellite images have reduced their temporal resolution, but are expensive and must become cheaper for their use world-wide. In the last 30 years, a lot of research has been carried out in non-destructive sensors for food quality. Actually, non-destructive technology has been applied for sorting high quality fruit which is desired by the consumer. The sensors require algorithms to work properly; the most used being discriminant analysis and training neural networks. New algorithms will be required due to the high quantity of data acquired and its processing, and for disease warning strategies for disease detection.

Análisis

Esta revisión analiza los sensores y algoritmos de detección de la enfermedad, tanto para la explotación y manejo pos cosecha de frutas y hortalizas de calidad. Mango, aguacate, manzana, tomate, patata, cítricos y uvas fueron seleccionadas como las frutas y verduras para estudio debido a su consumo en todo el mundo. Los sistemas de

alerta para predecir la enfermedad de patógenos e insectos en las granjas durante la producción de frutas y hortalizas se utilizan comúnmente para todos los cultivos y están disponibles en las estaciones meteorológicas están presentes. Se puede ver que estos sistemas de riesgo de enfermedad están siendo reemplazados lentamente por el monitoreo de teledetección en los países desarrollados. Las imágenes de satélite han reducido su resolución temporal, pero son caros y deben llegar a ser más barato para su uso en todo el mundo. En los últimos 30 años, una gran cantidad de investigación se ha llevado a cabo en los sensores no destructivos para la calidad de los alimentos. En realidad, la tecnología no destructiva se ha aplicado para la clasificación de fruta de alta calidad que se desea por el consumidor.

Aporte

el aporte para el proyecto es en la perspectiva de tecnología no invasiva ni destructiva en el análisis de frutos.

F. Godínez-García, J. Celis-Porras, R. Guerrero-Rivera, E. Gamero-Inda, S. Valle-Cervantes, J. Gallegos-Infante, G. Luna-Barcena, F. Hann-Schlam and M. Rocha-Fuentes, "A Noninvasive Method to Identify Larvae in Apples Based on Wavelets", *Food and Bioprocess Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 568-575, 2010.

Foodstuffs often experience great damage as a result of various forms of infestation or plague. A very common plague is a form of larval infestation that attacks several fruits, including apples. A novel method to identify larval infestations in apples is introduced. This noninvasive method is based on the use of ultrasonic waves, wavelets, and statistical analysis. A wavelet algorithm was preferred over other techniques because it allows a better description of the ultrasonic signal received from the fruit. A total of 998 red delicious apples were sampled, of which, 291 apples were infested by *Cydia pomonella*. All samples were scanned using ultrasonic waves, and reflecting signals

were analyzed with wavelets to determine whether the fruit was intact or infested by larva. The experiments were validated using normality tests and analysis of variance and corroborated by comparing the results with the physical evidence in the specimens. The results show that the signal is attenuated at the center of the apple, which means that the density inside the apple changes as a result of the presence of larva. In addition, the proposed method effectively detected ($p < 0.01$) the presence of larva within the fruit in real time.

Análisis

Un nuevo método para identificar las infestaciones de larvas en las manzanas se introduce. Este método no invasivo se basa en el uso de ondas ultrasónicas, wavelets, y el análisis estadístico. Un algoritmo wavelet se prefirió sobre otras técnicas, ya que permite una mejor descripción de la señal ultrasónica recibida de la fruta. Se tomaron muestras de un total de 998 deliciosas manzanas rojas, de los cuales, 291 manzanas fueron infestados por *Cydia pomonella*. Todas las muestras fueron escaneadas utilizando ondas ultrasónicas, y las señales que reflejan se analizaron con wavelets para determinar si la fruta estaba intacto o infestado por larva. Los experimentos se validaron usando pruebas y análisis de la varianza de normalidad y corroborados mediante la comparación de los resultados con la evidencia física en los especímenes. Los resultados muestran que la señal se atenúa en el centro de la manzana, lo que significa que la densidad dentro de los cambios de manzana como resultado de la presencia de larva. Además, el método propuesto eficazmente detectada ($p < 0,01$) la presencia de larva dentro de la fruta en tiempo real.

Aporte

El aporte al proyecto es mínimo debido a los enfoques del mismo proyecto, en el cual se enfoca es en enfermedades del fruto.

J. D Amato, C. Garcia Bauza and G. Boroni, "Color Based Fruits classification using GPU", *IEEE Latin America Transactions*, vol. 9, no. 3, pp. 346-350, 2011.

Abstract— In fruit packaging companies, the color is a metric used to determine the fruit quality, maturation, healthiness, etc.. For apples, the color also indicates their class or variety (red delicious, granny smith, etc.). Nowadays the distinction between the different qualities of apples is based on empirical measures proposed by experts. In this paper a mechanical-digital system for capturing and classifying fruit by color in real time is presented. It's supposed to be incorporated to an existent fruit transport line. The tracking algorithms were implemented using graphics cards, which allow processing a very large number of lines in a single commercial PC. The solution is able to emulate the human criterion in the fruits classification. Based on the images captured from the transport line, the system generates an output indicating the quality, which is used to distribute the fruit in different packages.

Análisis

En este trabajo se presenta una solución que implementa un método de reconocimiento del color de las frutas a partir del entrenamiento previo del sistema, junto con un mecanismo sincronización que mejora la velocidad de procesamiento mediante el uso de GPU.

La obtención de la imagen se hace mientras los frutos van girando en una cinta transportadora o celda. Para determinar si una celda contiene una manzana se contabiliza la cantidad de píxeles que cumplen con el filtro de iluminación, si la concentración de píxeles es mayor al 50 % del área de la celda, entonces la celda contiene un fruto. Por lo cual se es necesario que el proceso de captura esté correctamente sincronizado con los cambios de posiciones. Este método logra clasificar los frutos con el análisis de colores en la imagen obtenida indicando su calidad para que sean distribuidos en diferentes paquetes. Se hicieron muestras con con 10 frutos logrando obtener un aumento de desempeño entre un 2226 % y 2897 % respecto a un

procesamiento sin GPU

Aporte

Se introduce el uso de GPU en el análisis digital de imágenes logrando obtener un notable aumento de desempeño de 2226 % a 2897 % respecto a un procesamiento sin GPU.

F. Rahman, S. Baki, A. Yassin, N. Tahir and W. Ishak, "Monitoring of Watermelon Ripeness Based on Fuzzy Logic", 2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering, 2009.

Abstract—In this paper, a general approach is developed to estimate the ripeness level without touching the fruit. The two techniques has been used for this purpose are - color image segmentation and fuzzy logic technique. Four images of a single fruit have been clicked from four directions and separate desired part from each image using color image segmentation. Now calculate mean values of primary colors (Red, Green and Blue) of segmented parts and give it as input to FIS (Fuzzy Inference System) editor 1. FIS editor 1 gives decision whether this part of fruit is ripe, under ripe, about to ripe, about to over ripe or overripe. The same operation is applied on remaining three images. These four outputs have been given to FIS editor 2. This editor gives decision whether the whole fruit is ripe, under ripe, or overripe.

Análisis

Hasta ahora se ha encontrado diferentes métodos para la clasificación, La metodología trabaja directamente sobre RGB sin necesidad de alguna transformación entre colores. El proceso puede ser dividida en 5 pasos: ingreso de la imagen, segmentación de la imagen, cálculo para obtener la media de los colores, lógica difusa para la imagen segmentada, prosiguiendo con el uso de la lógica difusa para detectar el grado de

madurez en el fruto.

Aporte

Este artículo introduce el uso de lógica difusa para la clasificación del fruto y promete un aumento en la precisión de los resultados.

Al trabajar con conjuntos difusos se elimina la rigidez con la que se tiene en la lógica binaria al aceptar o no un valor dentro de una escala de la clasificación y ofrece un grado parcial de verdad, asignando una probabilidad de pertenencia de un valor X a un conjunto A.

P. Gokul, S. Raj and P. Suriyamoorthi, "Estimation of volume and maturity of sweet lime fruit using image processing algorithm", 2015 *International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP)*, 2015.

Abstract- The assessment of fruit quality is important for the cultivator and the consumer. The paper describes the image processing technique to estimate the volume and maturity of sweet lime. Spherical shape fruit is only considered for this analysis. The image is captured using a high resolution digital camera and cell phone. An algorithm is developed in MATLAB for finding the volume and maturity of the sweet lime. Volume of the fruit is computed by estimating the radius of the image. Maturity is determined with the RGB color coding based on RG ratio. The results are validated experimentally by measurement using Vernier Calipers.

Análisis

Este trabajo permite estimar el volumen y la madurez de la lima. La imagen es capturada desde un teléfono móvil con una resolución de 640 x 480 y con el uso MATLAB es convertida a escala de grises, se aplican algoritmo de disminución de ruidos, detección de bordes y enfocándose en la región del fruto se aproxima el

perímetro, se obtiene el radio y se calcula el volumen con la fórmula de la esfera. El proceso realizado para la clasificación de la madurez es similar a otros trabajos desarrollados con el manejo de RGB y las medias obtenidas de los colores del fruto.

Aporte

El algoritmo propuesto para la estimación de volumen y madurez de la lima logra reducir el costo y el tiempo para la clasificación entregando un porcentaje de error bajo en el cálculo del volumen al realizar las comparaciones de varias imágenes.

N. El-Bendary, E. El Hariri, A. Hassanien and A. Badr, "Using machine learning techniques for evaluating tomato ripeness", *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 4, pp. 1892-1905, 2015.

Tomato quality is one of the most important factors that helps ensuring a consistent marketing of tomato fruit. As ripeness is the main indicator for tomato quality from customers perspective, the determination of tomato ripeness stages is a basic industrial concern regarding tomato production in order to get high quality product. Automatic ripeness evaluation of tomato is an essential research topic as it may prove benefits in ensuring optimum yield of high quality product, this will increase the income because tomato is one of the most important crops in the world. This article presents an automated multi-class classification approach for tomato ripeness measurement and evaluation via investigating and classifying the different maturity/ripeness stages. The proposed approach uses color features for classifying tomato ripeness stages. The approach proposed in this article uses Principal Components Analysis (PCA) in addition to Support Vector Machines (SVMs) and Linear Discriminant Analysis (LDA) algorithms for feature extraction and classification, respectively. Experiments have been conducted on a dataset of total 250 images that has been used for both training and testing datasets with 10-fold cross validation. Experimental results showed that the proposed classification approach has obtained ripeness classification accuracy of 90.80%, using

one-against-one (OAO) multi-class SVMs algorithm with linear kernel function, ripeness classification accuracy of 84.80% using one-against-all (OAA) multi-class SVMs algorithm with linear kernel function, and ripeness classification accuracy of 84% using LDA algorithm.

Analisis

La madurez del tomate es un factor clave en la calidad del mismo, al ser un producto altamente consumido en el mundo se hace casi que imprescindible que sea de buena calidad por lo cual se plantea un método de medición de la madurez en este artículo para la calidad y el éxito del fruto.

El enfoque propuesto en este artículo utiliza el Análisis de Componentes Principales (PCA), además de máquinas de vectores soporte (SVMs) y algoritmos de análisis discriminante lineal (LDA) para la extracción de características y clasificación, respectivamente. Se han realizado experimentos en un conjunto de datos del total de 250 imágenes que se ha utilizado tanto para la formación y las pruebas de datos con validación cruzada de 10 veces. Los resultados experimentales mostraron que el enfoque de clasificación propuesto ha obtenido la precisión de clasificación madurez de 90.80%, usando uno contra uno (OAO) multi-clase algoritmo SVM con la función de núcleo lineal, la precisión de clasificación madurez de 84.80% usando uno contra todos (OAA) multi-clase algoritmo SVM con la función de núcleo lineal, y la precisión de clasificación de madurez del 84% utilizando el algoritmo de LDA.

Aporte

El aporte que nos da es una perspectiva análoga de lo que puede ocurrir con la madurez de un fruto, en este caso en el del tomate, además el algoritmo propuesto es una mirada interesante al problema.

T. Ignat, V. Alchanatis and Z. Schmilovitch, "Maturity prediction of intact bell

peppers by sensor fusion", *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 104, pp. 9-17, 2014.

The objective of this study is to present a fusion of non-destructive sensor outputs and a fusion of destructive reference parameters. The sensors used in the present work were spectrophotometers in the VIS–NIR and SWIR spectral range, hyperspectral imaging in the visible range, relaxation and ultrasonic tests, and colour measurement. As reference parameters, the following were used: total soluble solids, dry matter, osmotic potential, ascorbic acid, total chlorophylls, carotenoids content, coefficient of elasticity measured in compression and rupture mode. The fusion procedure was based on the combination of sensor outputs and the combination of reference parameters. Linear and non-linear regression methods were applied for model establishment.

Multi-sensor models were found to be better than the single sensor models based on the significantly lower root mean square errors of cross validation values for all tested cultivars and all reference parameters. By the reference parameter fusion a new combined quality index was developed in order to evaluate the global quality of the produce. With the new combined quality index not only the comprehensive quality of the produce could be predicted but also its maturity stage, which can serve as a basis for better decision of harvest schedule; as the new index correlate with the physical property change during growth.

Analisis

El artículo propone una fusión entre las salidas de los sensores no destructivos, y los parámetros arrojados de las medidas destructivas, para esto utilizan las siguientes herramientas. espectrofotómetros en el VIS-NIR y SWIR rango espectral, las imágenes hiperespectrales en el rango visible, ensayos de relajación y ultrasónicos, y la medición del color. Como parámetros de referencia, se utilizaron los siguientes: sólidos solubles totales, materia seca, potencial osmótico, ácido ascórbico, clorofilas totales, contenido de carotenoides, coeficiente de elasticidad medido en el modo de compresión y rotura.

El procedimiento de fusión se basa en la combinación de salidas del sensor y la combinación de parámetros de referencia. Linear y métodos de regresión no lineal se aplicaron para el establecimiento del modelo.

Con el nuevo índice de calidad combinado no sólo la calidad integral del producto se podría predecir, sino también su etapa de madurez, que puede servir como base para una mejor toma de lo previsto de la cosecha; como el nuevo índice se correlaciona con el cambio de propiedad física durante el crecimiento.

Aporte

Este artículo nos enseña las posibilidades entre los rangos de colores a tomar usando unos rangos espectrales, sacados de una fusión de sensores no destructivos del fruto.

C. Clark, V. McGlone, C. Requejo, A. White and A. Woolf, "Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 29, no. 3, pp. 301-308, 2003.

'Hass' avocado harvested at four different times during a growing season, was analysed by both reflectance and interactance NIR spectroscopy to establish its reliability for the non-destructive determination of fruit dry matter (DM). Mean DM increased from 27.7 to 36.8% during the course of the study. Relationships between spectral wavelengths and DM were evaluated by application of chemometric techniques to partial least squares (PLS) and multiple linear regression (MLR) models, using calibration and validation statistics of predictions to compare their efficacy. The interactance mode was a superior predictor of fruit DM compared with reflectance. A PLS model applied to interactance data from fruit from all harvests combined ($n=239$) gave a goodness-of-fit (R_p^2) between predicted and actual DM measurements of 0.88, and an error of prediction (RMSEP) of 1.8% DM. MLR models incorporating four wavelengths returned equivalent validation statistics. Three of these wavelengths, in the vicinity of 900–920 nm, are consistent with the C-H absorbance band, leaving only a minor role for water-related absorbances.

These observations suggest on-line commercial NIR systems capable of operating in an interactance mode have the potential to usefully grade avocado on the basis of their DM content, to improve taste and oil content.

Analisis

Aguacates de tipo "hass" cosechados en 4 momentos diferentes de una sola temporada se analizó tanto por espectroscopia NIR de reflectancia.

Determinación no destructiva de la materia seca del fruto (DM). La media de DM aumentó desde 27,7 hasta 36,8% durante el curso del estudio. Las relaciones entre las longitudes de onda espectrales y DM se evaluaron mediante la aplicación de técnicas quimiométricas a los mínimos cuadrados parciales (PLS) y modelos de regresión lineal múltiple (MLR), utilizando calibración y validación de las predicciones estadísticas para comparar su eficacia.

Un modelo PLS aplica a Interactancia de datos a base de frutas de todas las cosechas combinadas ($n = 239$) dio una bondad de ajuste (R_p^2) entre las mediciones DM predichos y reales de 0,88, y un error de predicción (RMSEP) del 1,8% de materia seca.

Estas observaciones sugieren sistemas NIR comerciales en línea capaces de operar en un modo de interactancia que nos otorga el potencial utilidad del aguacate, grado sobre la base de su contenido de MS, para mejorar el sabor y el contenido de aceite.

Aporte

Este artículo nos enseña las formas posibles de tomar los datos, como hacerlo y nos plantea unas medidas interesantes a la hora de tomar los datos.

J. Abbott, "Quality measurement of fruits and vegetables", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 207-225, 1999.

To investigate and control quality, one must be able to measure quality-related attributes. Quality of produce encompasses sensory attributes, nutritive values,

chemical constituents, mechanical properties, functional properties and defects. Instrumental measurements are often preferred to sensory evaluations in research and commercial situations because they reduce variations in judgment among individuals and can provide a common language among researchers, industry and consumers. Essentially, electromagnetic (often optical) properties relate to appearance, mechanical properties to texture, and chemical properties to flavor (taste and aroma). Instruments can approximate human judgments by imitating the way people test the product or by measuring fundamental properties and combining those mathematically to categorize the quality. Only people can judge quality, but instruments that measure quality-related attributes are vital for research and for inspection.

Analisis

Las mediciones instrumentales a menudo se prefieren a las evaluaciones sensoriales en situaciones de investigación, ya que reducen las variaciones en el juicio entre los individuos y pueden proporcionar un lenguaje común entre los investigadores, la industria y los consumidores. Esencialmente, electromagnéticos (ópticos) a menudo se refieren a propiedades de apariencia, propiedades mecánicas a la textura y las propiedades químicas de sabor (sabor y aroma). Los instrumentos pueden aproximar los juicios humanos, imitando la forma de probar el producto o mediante la medición de las propiedades fundamentales y la combinación de los matemáticamente para categorizar la calidad. Sólo las personas pueden juzgar la calidad, pero los instrumentos que miden atributos relacionados con la calidad son vitales para la investigación y para la inspección.

Aporte

Este artículo nos proporciona unos protocolos básicos en cuanto a la calidad del fruto a la hora de ir a seleccionarlo.

J. van Duynhoven, A. Voda, M. Witek and H. Van As, "Time-Domain NMR Applied to Food Products", *Annual Reports on NMR Spectroscopy*, pp. 145-197, 2010.

Time-domain NMR is being used throughout all areas of food science and technology. A wide range of one- and two-dimensional relaxometric and diffusometric applications have been implemented on cost-effective, robust and easy-to-use benchtop NMR equipment. Time-domain NMR applications do not only cover research and development but also quality and process control in the food supply chain. Here the opportunity to further downsize and tailor equipment has allowed for "mobile" sensor applications as well as online quality inspection. The structural and compositional information produced by time-domain NMR experiments requires adequate data-analysis techniques. Here one can distinguish model-driven approaches for hypothesis testing, as well as explorative multi-variate approaches for hypothesis generation. Developments in hardware and software will further enhance measurement speed and reveal more detailed structural features in complex food systems.

Analisis

Aplicaciones de RMN del dominio del tiempo no sólo cubren la investigación y el desarrollo, sino también la calidad y control de procesos en la cadena de suministro de alimentos. Aquí la oportunidad de seguir reduciendo el equipo para las aplicaciones "móviles" de sensores, así como la inspección de calidad en línea. La información estructural y composicional producido por experimentos de RMN requiere técnicas de análisis de datos adecuados. Aquí se pueden distinguir los enfoques basados en modelos para la prueba de hipótesis, así como enfoques multivariados exploratorios para la generación de hipótesis. Los avances en hardware y software mejorarán aún más la velocidad de medida y revelar características estructurales más detallados en los sistemas alimentarios complejos.

Aporte

El aporte esencial del artículo es principalmente las herramientas móviles para revelar las características más detalladas en los sistemas alimentarios complejos.

A. Verma, R. Hegadi and K. Sahu, "Development of an effective system for remote monitoring of banana ripening process", *2015 IEEE International WIE Conference on Electrical and Computer Engineering (WIECON-ECE)*, 2015.

Abstract—Banana is a fruit, which is not ready to eat from the farms; it has to be ripened in the store room with added chemicals. The ripening of banana may be identified by its colors. This paper proposes an easy monitoring system to monitor the color indices of the bananas and to identify ripening stage of banana; this information will be sent to the monitoring person automatically to the remote area. The camera will take the image of the banana fruits which will be fed to the MATLAB software to identify the ripening stage of banana from RGB values. This information will be processed by microcontroller to the authorize person using GSM module

Análisis

Este artículo propone una escala de clasificación para la madurez del banano de 1 al 7 . El algoritmo analiza los colores en la escala RGB de la imagen capturada con el uso de MATLAB, logrando identificar su estado de madurez. También se implementa un hardware con sensor para conocer la temperatura actual del fruto. Este método tiene la capacidad de arrojar los resultados a través de un módulo GSM para enviar los datos en un sms, dando así la posibilidad de leer remotamente la información obtenida desde un dispositivo móvil.

Luego de realizar experimentos se encontró que el sistema propuestos trabaja con un 93 % de precisión al clasificar el fruto.

Aporte

Este método presenta una forma efectiva de monitorear remotamente el fruto con el uso de la tecnología GSM, lo cual es especialmente útil cuando los cuartos de almacenamientos están demasiados alejados, con lo que se disminuyen los tiempos y gastos de transporte.

K. Subramaniam and S. Balasubramanian, "Application of parallel computing in image processing for grading of citrus fruits", *2015 International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, 2015.*

Abstract - This paper describes the development activity on a low cost high performance fruit grader employing distributed network architecture to interface the GigE machine vision camera and field IO devices. The fruits are transported over a dynamic conveyor and images are synchronously captured for frame analysis during triggered events. Geometrical features such as diameter, perimeter, area and circularity are extracted under a laboratory simulated real-time condition in the absence of suitable field conveyor. Task Parallel Library data flow computing concept is adopted under windows .Net Framework for effective individual core resource utilization in a multi core CPU configuration in order to achieve high performance measure. The scalable and upgradable dual core PC based hardware components are utilized for direct interface to cater the individual application demands by suitable software configuration. The system is capable of processing 6 to 10 fruits per second throughput per lane with good measurement accuracy and repeatability.

Análisis

Este trabajo describe un método de alto rendimiento para clasificar cítricos a bajo costo que emplea la arquitectura de red distribuida a la interfaz de la cámara de visión artificial GigE y dispositivos de entrada y salida. Los frutos pasan por una cinta transportadora donde se hacen capturas de forma sincronizadas. Características como

diametro, perimetro, area y circularidad son obtenidas a través de la transportadora en tiempo real. Conceptos y librerías de tareas paralelas son adoptadas con el uso del framework windows .Net para alcanzar un uso efectivo del multiprocesamiento bajo las configuraciones ofrecidas de la CPU. Con el sistema es posible analizar de 6 a 10 frutos por segundo con gran precisión.

Aporte

Las comparaciones de desempeño obtenidas en el artículo con el uso de Task Parallel Library (TSP) y algoritmos paralelos como Thread pool y Parallel For, presentaron gran desempeño comparado con el algoritmo secuencial.

Al explotar la capacidad de procesamiento y los núcleos presentes en la CPU es posible desarrollar un algoritmo óptimo para lograr una correcta clasificación en los frutos.

Digital Image-based Inductive Characterization and Classification to Improve the Quality Inspection of Diverse Food Products

With the increasingly demanding international regulations for import and export of food products, as well as with the increased awareness and sophistication of consumers, the food industry needs accurate, fast and efficient quality inspection means. Each producer seeks to ensure that their products satisfy all consumer's expectations and that the appropriate quality level of each product is offered and sold to each different socio-economic consumer group. This paper presents three study cases where digital image analysis and inductive characterization techniques have been successfully applied to improve the quality inspection process. Three very different and unrelated basic food products are studied: Hass Avocado, Manila Mango and Corn Tortillas. Each one of these products has some special and particular features that complicate the quality inspection process, but each of these products is also very important in economical terms for the sheer volume of their production and marketing. Experimental results of

each case shows that the general technique has great accuracy and significantly lower costs.

Analisis

Este artículo basado en las exigencias de hoy en día en para con los productos en las inspecciones de calidad, plantea mediante el procesamiento de imágenes y las técnicas de caracterización inductiva, un método con éxito para mejorar la inspección de calidad, en el cual se desarrolla en tres alimentos muy diferentes, aguacate Hass, manila mango y maíz.

Aporte

este articulo no nos aportò nada en el proyecto sin embargo es interesante el paradigma de calidad al cual se refieren.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. ALGORITMOS PROCESAMIENTO DE IMÁGENES

En la actualidad el procesamiento de imágenes es uno de las grandes ramas de la tecnología por las necesidades y soluciones que ofrece como lo son el reconocimiento facial, patrones en imágenes y gran infinidad de aportes. En este capítulo se definirá los algoritmos utilizados para la ejecución del proyecto.

Representación de una imagen digital: Una imagen de tamaño $M \times N$ se representa mediante una matriz en donde el origen es ubicado en la posición $(0,0)$ y su último pixel es (M,N) . El valor contenido en cada posición de la matriz corresponde a la tonalidad de color en dicha posición; este valor está representado en formato RGB.

Escalamiento de imágenes: El escalamiento de imágenes permite aumentar o reducir el tamaño de una imagen cambiando el número de píxeles que contiene. Las cámaras fotográficas capturan imágenes de gran tamaño y para este proyecto es necesario disminuirlo para reducir la complejidad algorítmica en los diferentes algoritmos que se esperan aplicar a la imagen.

Escala de grises: Una imagen en escala de grises es un arreglo matricial de dos dimensiones que aporta información de la intensidad de la luz presente para cada punto de la imagen. Si se puede realizar una adecuada conversión de la imagen a su versión en escala de grises, se facilita la extracción de las características propias del objeto analizado. [26]

Existen diferentes métodos para lograr la conversión a escala de grises:

- **Promedio:** Convertir a escala de grises con el uso de promedio es la forma más simple de lograr convertir la imagen a escala de grises. Mediante la suma de las componentes RGB de cada capa pixel a pixel y dividirlos por tres [26].
- **Luminosidad:** Este método es una versión más sofisticada del método del promedio. Los valores de cada color presentan un valor teniendo en cuenta la percepción humana. El ojo humano es más sensible al verde que a los otros colores, por lo que el porcentaje de este es mayor. Estos valores fueron establecidos a través de la recomendación Rec. 601 NTSC por la International Telecommunication Union - Radiocommunications sector que le ha hecho un estándar mundial para la televisión a color con compatibilidad a blanco y negro. Para realizar la conversión a grises utilizando la luminosidad basta con aplicar la siguiente ecuación para cada pixel de la imagen:

$$Y = R*0.3 + G*0.59 + B*0.11$$

Detección de bordes: Los bordes de una imagen digital se pueden definir como transiciones entre dos regiones de niveles de gris significativamente distintos. Suministran una valiosa información sobre las fronteras de los objetos y puede ser utilizada para segmentar la imagen, reconocer objetos, etc. La mayoría de las técnicas para detectar bordes emplean operadores locales basados en distintas aproximaciones discretas de la primera y segunda derivada de los niveles de grises de la imagen.

El realce de bordes transforma una imagen de manera que exhibe sólo el detalle de bordes o fronteras. Los bordes aparecen como las líneas de contorno de los objetos dentro de la imagen. Estos contornos pueden utilizarse en posteriores operaciones de análisis de imágenes para el reconocimiento de objetos o rasgos. [21].

Los Algoritmos de detección de bordes más utilizados son: desplazamiento y sustracción, filtros Laplacianos para bordes, gradiente de Prewitt, Roberts, Sobel y Kirsch.

3.2. APLICACIÓN MÓVIL

Una aplicación móvil es un programa que se ejecuta o es visualizado desde un dispositivo móvil tales como celulares y tablets.

Existen tres tipos de aplicaciones móviles:

- **Apps nativas:** son las aplicaciones que se desarrollan de forma específica para ser ejecutado directamente en el sistema operativo del dispositivo móvil. La mayoría de estas aplicaciones no necesita de conexión a internet para funcionar, además ofrece mayor experiencia para los usuarios, pero requieren mayor costo al momento de desarrollar.
- **Web App:** estas aplicaciones móviles son desarrolladas en lenguajes como son JavaScript CSS y HTML. Son ejecutadas dentro de un navegador web por lo que es necesario tener conexión a internet. Las Web Apps permiten adaptar el formato web al móvil ofreciendo la posibilidad de usar el mismo código en diferentes sistemas operativos(responsive).
- **Web App nativa o híbrida:** es la combinación de las dos anteriormente mencionadas. Son desarrolladas en los lenguajes JavaScript CSS y HTML. Permite ser instaladas en diferentes sistemas operativos con el mismo código de desarrollo y permite características propias de aplicaciones nativas. [27]

3.3. ESCALA DE MADUREZ

- **Vida de anaquel:** Se define como el tiempo de vida en el cual el fruto mantiene calidad aceptable de consumo. También es definido como la durabilidad restante para alcanzar la madurez óptima en el cual el consumidor desea el producto.[28]
- **Madurez de consumo:** Estado de desarrollo en que la fruta ha alcanzado la madurez organoléptica y reúne las características deseables para su consumo como son su color, sabor, aroma, textura, composición interna.

4. DESARROLLO

En este capítulo se realizará el desarrollo del algoritmo usando procesamiento digital de imágenes, así como se dará detalle de la elaboración y funcionamiento del prototipo móvil desarrollado.

4.1. DETALLES DEL DESARROLLO DEL TRABAJO

La Figura 1 muestra el funcionamiento general del algoritmo a desarrollar, además señala las funciones específicas asignadas al servidor y al aplicativo móvil

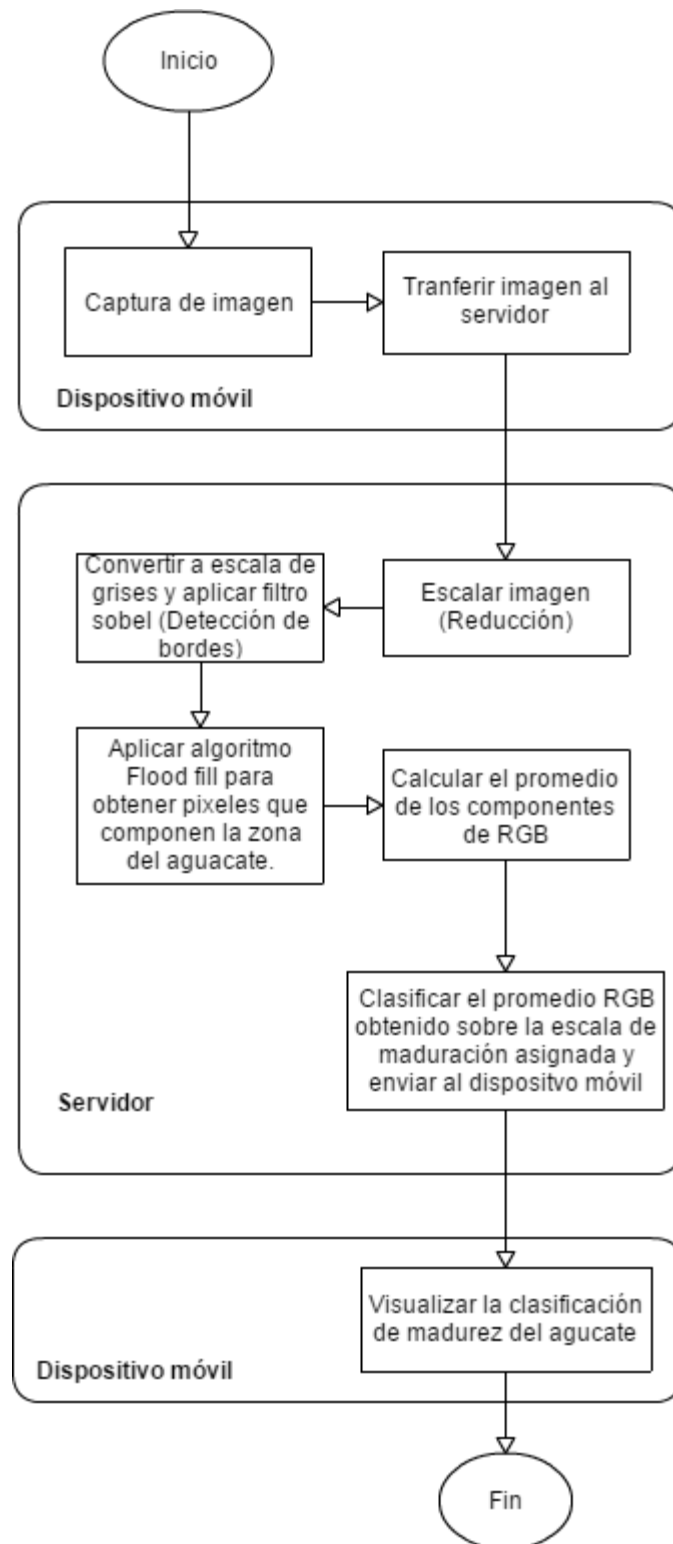


Figura 1. Diagrama de flujo para obtener la madurez de aguacate

4.1.1. Algoritmos y modelos matemáticos para el análisis de las imágenes digitales

Conversión a escala de grises: Para que una imagen sea vea en tonos de gris se requiere que los tres componentes básicos del color (en el computador: rojo, verde, azul – RGB por sus siglas en inglés) tengan más o menos la misma intensidad, podemos decir que si queremos convertir un pixel a su equivalente en escala de grises bastaría con realizar la siguiente operación matemática:

$$v = \frac{R + G + B}{3}$$

El valor hallado se debe asignar a cada componente R, G y B.

Este proceso nos permite obtener la imagen en grises ya que cada uno de sus componentes tiene el mismo valor. [29]

Filtro de Sobel: Los bordes de una imagen digital se pueden definir como transiciones entre dos regiones de niveles de gris significativamente distintos. Suministran una valiosa información sobre las fronteras de los objetos y puede ser utilizada para segmentar la imagen, reconocer objetos, etc. La mayoría de las técnicas para detectar bordes emplean operadores locales basados en distintas aproximaciones discretas de la primera y segunda derivada de los niveles de grises de la imagen.

“Sea un píxel p en la coordenada (x,y) una imagen, quien tiene relacionados ocho píxeles que se encuentran ubicados alrededor de p. Este conjunto es denominado vecindario de p, donde los píxeles (x + 1,y), (x – 1,y), (x,y + 1) y (x,y – 1) son denominados vecinos directos y los correspondientes a las coordenadas (x + 1,y + 1), (x + 1,y – 1), (x – 1,y + 1) y (x – 1,y – 1) se denominan vecinos diagonales. Para el filtrado de imágenes se deben realizar operaciones matemáticas básicas con una ventana 3x3, que comúnmente se conoce como máscara y los valores en cada posición como coeficientes.” [21]

Para el filtrado de imágenes se deben realizar operaciones matemáticas básicas con una ventana 3x3, que comúnmente se conoce como máscara y los valores en cada posición como coeficientes.

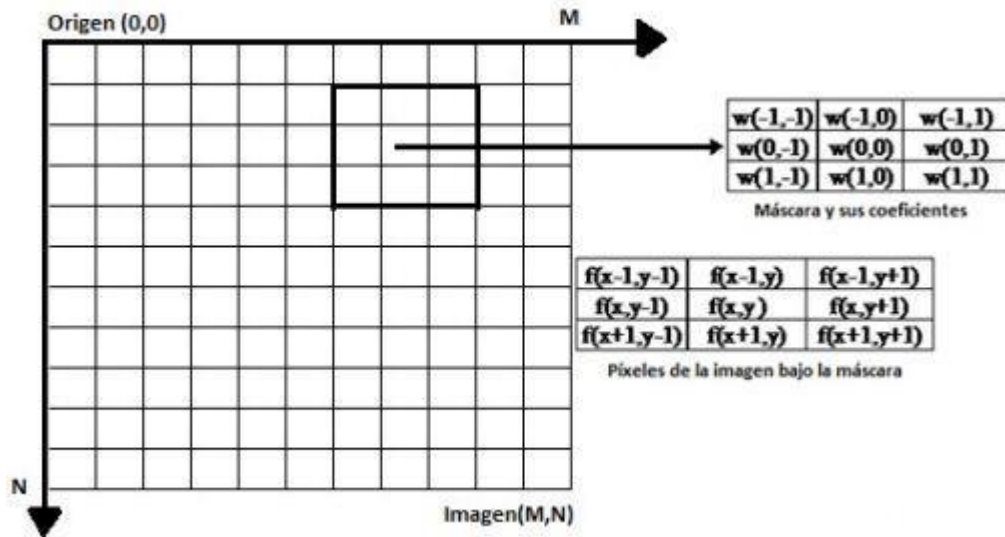


Figura 2. Máscara de filtro de Sobel en imagen digital. [21]

El mecanismo de filtrado espacial consiste en mover la máscara que se desea implementar punto por punto sobre la imagen. En cada posición x, y , la respuesta está dada por la suma de los productos entre los coeficientes de la máscara y los píxeles involucrados o relacionados en el vecindario correspondiente. [21] Para máscaras 3x3 el resultado R , de un filtro lineal con una máscara (x, y) es:

$$R = (w(-1,-1)f(x-1,y-1) + w(-1,0)f(x-1,y) + w(-1,1)f(x-1,y+1) + w(0,-1)f(x,y-1) + w(0,0)f(x,y) + w(0,1)f(x,y+1) + w(1,-1)f(x+1,y-1) + w(1,0)f(x+1,y) + w(1,1)f(x+1,y+1))$$

La Tabla 2 y Tabla 3 muestran las máscaras que se aplican para el filtro de sobel y obtener los bordes a la imagen.

Tabla 2.

Máscara Sobel vertical

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Tabla 3.

Máscara Sobel horizontal

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Algoritmo Flood fill o relleno por difusión: El algoritmo determina el área formada por elementos contiguos en una matriz de dos dimensiones basándose en los cambios de color de la imagen.

El algoritmo requiere tres parámetros iniciales: Un nodo inicial, un rango de colores en el cual termina sus iteraciones y otro color de relleno. A partir del nodo inicial, el algoritmo agrega en una estructura de datos o cola sus cuatro nodos vecinos (inferior, superior, vecino izquierdo y vecino derecho), solo es encolado los vecinos que cumplan con las características necesarias para lograr la segmentación requerida de la imagen.

Este algoritmo es utilizado en el proyecto cuando se encuentra la necesidad de obtener únicamente los píxeles que representan la zona del aguacate dentro de la imagen. El algoritmo itera desde el centro de la imagen hasta el borde del aguacate; borde obtenido mediante el algoritmo de sobel o detección de bordes. A medida que se va iterando y obteniendo los píxeles que corresponden a la zona interna del fruto, se almacena la cantidad de píxeles recorridos y la información de los de los componentes RGB en variables de tipo numéricas [25].

Cálculo de promedio de componentes RGB: El método matemático para obtener el

valor promedio de cada componente RGB se realiza empleando la media aritmética. El conjunto finito de píxeles con datos RGB obtenidos con el uso del algoritmo Flood Fill, permite obtener el valor cuantitativo esperado. Este promedio se obtiene a partir de la suma de todos sus valores para cada color dividida entre el número de sumandos.

A continuación, define la media aritmética:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

El valor de la media aritmética es obtenido para cada componente Red, Green, Blue. Estos valores son útiles para crear la tabla de clasificación u obtener el grado de madurez del fruto [2].

Luego de definir los algoritmos y modelos matemáticos para el análisis de las imágenes se procede a describir la propuesta de escala de madurez y clasificación del aguacate que se encuentra en el numeral 4.1.2

4.1.2. Escala de madurez y clasificación

El material vegetal utilizado para la investigación son frutos de aguacate Hass que son analizados en etapa post-cosecha. Estos frutos son cosechados una vez ha alcanzado su grado de madurez fisiológica teniendo en cuenta las normas del CODEX STAN 197-1995. [24]

El ambiente constituye un factor importante para la correcta clasificación de madurez del fruto, por lo que es importante establecer las características ambientales en las que el experimento fue desarrollado. En un principio se realizó la captura de datos en ambientes naturales y no se encontraban patrones en el comportamiento del color. Al

haber cambios de iluminación, los colores en la imagen digital cambiaron significativamente por lo que era imposible establecer la escala de madurez con estos datos

La investigación se realizó en la ciudad de Pereira, Risaralda de Colombia que se encuentra a una altitud media de 1411 msnm, con clima templado - húmedo y la temperatura promedio es de 21.2 °C. [23]

La captura de las características del fruto se realizó por medio de imágenes digitales bajo un ambiente controlado donde se tiene una caja de madera de 16CM x 16CM de base y 20 CMS de altura con iluminación fría de led en su interior y un agujero en la tapa superior para capturar la imagen.

A continuación, se muestran imágenes de la caja diseñada para realizar la captura de imágenes del aguacate en un ambiente controlado y una captura del fruto haciendo uso de la caja.



Figura 3. Caja de madera para capturar imagen en ambiente controlado



Figura 4. Captura de fruto usando la caja de madera

Los resultados en RGB obtenidos para lograr la clasificación del fruto se le aplicaron análisis estadísticos como son error estándar, desviación típica y promedios aritméticos.

Escala de madurez propuesta: Para la clasificación de los aguacates Hass se proponen tres escalas de madurez con las que se espera brindar la comprensión más sencilla al usuario. Los aguacates que se estudian son aquellos que han alcanzado la madurez fisiológica y han logrado el estado de desarrollo para continuar con su proceso de maduración aún después de su cosecha. Dichas escalas son descritas a continuación:

- **Grado 1 o verde:** Clasifica aguacate cuando se encuentra en su madurez fisiológica. Este grado de madurez es el más fácil de identificar por el usuario al encontrarse el fruto visualmente verde. (redacción técnica)
se estima vida de anaquel de 8 a 15 días a la sombra en las condiciones climatológicas explicadas anteriormente.

- **Grado 2:** Esta clasificación agrupa los aguacates que han avanzado en el proceso de maduración y han disminuido su color verde, la tonalidad en la cáscara del fruto se encuentra oscura, pero aún no se ha alcanzado la madurez óptima para su consumo. Este grado de madurez es el más confundido por el usuario común porque se aprecia una breve decoloración similar al estado de madurez consumo, sin embargo, este estado no se ha alcanzado.

Se estima vida de anaquel de 4 a 8 días

- **Grado 3 o madurez de consumo:** Clasifica el aguacate en su madurez organoléptica en la que el fruto se encuentra en su estado más óptimo para su consumo y reúne las características deseadas como sabor, color, aroma, textura y composición interna.
- **grado 4 o demasiado maduro:** Clasifica el aguacate que ha sobrepasado el estado apto para su consumo y en él se encuentra sabores y consistencias no deseados.

Estos aguacates pueden ser aprovechados en diversos usos y recetas tales como tratamientos para el cabello, mascarillas de aguacates para el rostro, guacamole, entre otros.

Para obtener la escala anteriormente descrita es necesario establecer intervalos numéricos que permita clasificar el fruto en una de los 4 grados de madurez propuestos. Para esto es necesario realizar un seguimiento diario a diferentes aguacates capturando imágenes digitales con el propósito de ver su avance y cambios de color en los estados de madurez.

La Tabla 4 muestra los datos obtenidos de 6 aguacates en diferentes días haciendo uso del prototipo móvil y el algoritmo desarrollado. Cada fruto es analizado desde dos días después de haber sido cosechado hasta alcanzar la madurez de consumo.

Tabla 4:

Datos obtenidos con la ejecución del algoritmo

Aguacate 1			
	Red	Green	Blue
Dia 1	71	76	48
Dia 2	67	75	44
Dia 3	65	65	43
Dia 4	63	63	45
Dia 5	63	65	42
Dia 6	57	65	45
Dia 7	54	59	40
Dia 8	44	57	42
Dia 9	46	57	43
Dia 10	43	43	44
Dia 11	42	42	44
Dia 12	42	43	42
Dia 13	40	40	51
Dia 14	38	35	40
Aguacate 2			
Dia 1	66	71	39
Dia 2	68	73	42
Dia 3	65	65	38
Dia 4	55	65	33
Dia 5	55	63	55
Dia 6	51	58	39
Dia 7	45	56	36
Dia 8	45	57	36
Dia 9	46	50	35
Dia 10	43	48	34
Dia 11	42	45	36
Dia 12	38	46	36
Dia 13	38	43	35
Dia 14	39	43	35
Aguacate 3			
Dia 1	68	68	42
Dia 2	66	69	42
Dia 3	55	81	49
Dia 4	69	65	43
Dia 5	64	65	42
Dia 6	60	60	41

Dia 7	62	61	44
Dia 8	58	46	40
Dia 9	52	43	40
Dia 10	49	44	41
Dia 11	49	44	42
Dia 12	43	42	41
Dia 13	42	40	40
Dia 14	43	41	43
Aguacate 4			
Dia 1	65	65	47
Dia 2	65	70	45
Dia 3	54	71	46
Dia 4	56	70	44
Dia 5	55	63	41
Dia 6	55	63	40
Dia 7	52	65	41
Dia 8	53	60	38
Dia 9	58	68	37
Dia 10	50	52	39
Dia 11	48	46	36
Dia 12	46	48	36
Dia 13	46	43	35
Dia 14	47	43	36
Aguacate 5			
Dia 1	68	77	47
Dia 2	67	74	48
Dia 3	67	75	48
Dia 4	58	63	46
Dia 5	54	65	45
Dia 6	52	65	44
Dia 7	47	60	46
Dia 8	47	58	44
Dia 9	45	56	40
Dia 10	42	43	38
Dia 11	43	41	39
Dia 12	39	43	37
Dia 13	38	40	37
Dia 14	37	38	38
Aguacate 6			
Dia 1	71	83	45
Dia 2	67	79	46

Dia 3	65	76	45
Dia 4	63	76	45
Dia 5	63	70	44
Dia 6	57	59	40
Dia 7	54	61	38
Dia 8	44	60	39
Dia 9	46	56	39
Dia 10	43	44	53
Dia 11	42	44	37
Dia 12	42	42	36
Dia 13	40	41	35
Dia 14	38	36	33

La tabla 5 muestra los datos obtenidos al realizar capturas en el mismo día a 50 aguacates en estado verde o su madurez hortícola. Los cuales se estimó 13 días en vida de anaquel.

Tabla 5:

Datos obtenidos por medio del algoritmo con 50 aguacates en estado de madurez 1 o verde

Red	Green	Blue
59	66	43
67	69	47
66	74	47
71	76	48
52	60	40
65	72	43
61	66	45
57	59	41
67	75	46
60	68	44
60	76	40
66	73	49
58	60	45
67	76	48
52	60	39
54	56	41
60	73	45
60	60	42

60	60	42
59	59	48
47	62	36
64	69	36
57	49	41
60	64	48
63	66	48
64	76	45
71	74	48
69	76	50
68	84	48
59	68	45
64	79	46
64	79	47
65	81	47
63	79	47
67	83	49
64	81	48
66	66	41
60	74	45
70	76	44
72	72	46
64	66	46
65	59	36
67	60	41
58	59	42
60	61	45
66	72	48
64	71	50
57	78	44
67	73	47
64	68	49

Luego de obtener los datos de los aguacates estudiados a través del análisis digital de imágenes se procede a aplicar análisis estadísticos que permitirán obtener los intervalos numéricos para lograr la clasificación del fruto. A continuación, se dará detalle al análisis estadístico empleado sobre los datos obtenidos.

De la Tabla 5: “Datos obtenidos por medio del algoritmo con 50 aguacates en estado de madurez 1 o verde” se obtiene información por medio análisis estadísticos que

contribuye a encontrar los intervalos de clasificación de madurez en el aguacate deseada. El análisis estadístico se visualiza en la Tabla 6.

Tabla 6:

Análisis estadístico a 50 aguacates en estado de madurez 1 o verde

	Red	Green	Blue
Media	64	70	45
Desviación estándar	5.78	7.89	3.80
X	58-69	62-77	41-48

Donde X es el intervalo obtenido a partir de la media aritmética de la siguiente manera:

$$X = (Media - Desviación\ estandar, Media + Desviación\ estandar)$$

La Tabla 7 muestra los datos obtenidos al realizar capturas en el mismo día a 50 aguacates en estado de madurez para consumo.

Tabla 7:

Datos obtenidos por medio del algoritmo con 50 aguacates en estado de madurez de consumo

Red	Green	Blue
54	52	54
41	37	38
40	34	36
50	45	45
44	36	36
45	40	39
45	39	39
52	44	42
44	36	37
38	32	33
40	34	35
44	39	39
46	39	39
38	34	35
43	36	36
38	32	34

43	37	37
38	32	33
41	36	37
43	38	36
42	35	37
42	37	38
43	40	38
43	38	37
43	38	37
46	44	44
48	43	45
49	43	41
42	36	38
53	40	40
43	41	43
44	41	43
40	37	40
43	40	43
45	42	44
44	41	40
45	40	36
43	35	38
42	36	37
44	38	35
44	37	35
41	36	36
45	39	37
40	34	32
42	35	33
42	35	35
43	38	36
41	36	35
45	38	37
41	35	37

Tabla 8:

Análisis estadístico a 50 aguacates en estado de madurez para consumo

	Red	Green	Blue
Media	43.5	38	38

Desviación estándar	4.33	4.42	4.24
X	39-48	33-42	33-42

Luego de analizar y los datos entregados por el algoritmo y encontrar patrones de comportamiento en los valores RGB, se procede a proponer la escala en términos de intervalos numéricos que representen cada estado de madurez anteriormente propuesta.

Intervalos propuestos en RGB para clasificar el aguacate Hass

Al analizar los datos de las Tablas 4,5,6,7, y 8 se logra encontrar relación en los componentes Red y Green y el estado de madurez del fruto; en cambio en el componente Blue no se evidencia grandes variaciones y comportamientos a medida que el aguacate avanza en sus estados de madurez. Este comportamiento del componente Blue conlleva a ignorar sus valores en una primera etapa de clasificación.

La Tabla 9 muestra los intervalos que se han propuesto sin tomar en cuenta el componente Blue al no encontrarse relación ni cambios significativos con los diferentes estados de madurez del aguacate Hass

Tabla 9:

Escala de madurez propuesta

	Promedio Red	Promedio Green
Grado 1: Verde	>60	>60
Grado 2: Verde intermedio	51 - 59	48 - 59
Grado 3: Madurez de consumo	35 - 50	28 - 48

Algoritmo general en pseudocódigo:

Luego de definir los modelos matemáticos para lograr la clasificación del fruto, se procede a describir el algoritmo propuesto en pseudocódigo sin hacer énfasis en algoritmos que son incluidos en librerías de diferentes lenguajes de programación

1. Inicio
2. Capturar imagen con la cámara del dispositivo móvil
3. Enviar imagen desde el dispositivo móvil al servidor para ser procesada
4. Escalar la imagen. Reducir su tamaño a una dimensión aproximada de 500*500
5. Convertir a escala de grises
6. Aplicar filtro de Sobel para lograr la detección de los bordes del aguacate
7. Aplicar el algoritmo Flood Fill para obtener los píxeles que conforman la zona interna del aguacate
 - a. Inicio de algoritmo Flood Fill [25]
 - b. Se crea una cola (TAD) conteniendo como nodo inicial el pixel del centro de la imagen
 - c. Se inicia un ciclo que itera hasta que la cola esté vacía.
 - d. Se extrae y elimina el último elemento de la cola y este nodo se toma como visitado reemplazando el color en la matriz por replacement-color
 - e. Se inserta a la cola los cuatro nodos vecinos del último nodo extraído (inferior, superior, izquierdo y derecho). Solo es insertado si el color es diferente al especificado como borde del aguacate.
 - f. Se vuelve al paso 'd' hasta que la cola esté vacía
 - g. Fin del algoritmo Flood Fill
8. Calcular el promedio de los componentes de RGB
 - a. En concurrencia con la ejecución del algoritmo Flood Fill se realiza lo siguiente:
 - i. Se cuenta el número de elementos que han sido ingresados a la

- cola
 - ii. Se suma el valor de cada componente RGB que hace referencia a las posiciones almacenadas en la cola. Este procedimiento entrega tres variables con cada valor total R, G y B
 - b. Cada valor total R, G y B es dividido por el número de elementos obtenidos en el paso 'i'
 - c. Fin
9. Clasificar el valor promedio de componentes RGB obtenido del paso 8 en la tabla de madurez establecida
- a. si el valor es Red es mayor o igual a 60 y el Green es mayor o igual a 60
 - i. Grado1: Verde
 - b. Si el valor Red está entre 51 -59 y Green está entre 48 -59
 - i. Grado 2
 - c. si el valor Red está entre 35-50 y Green está entre 28-48
 - i. Grado: madurez de consumo
10. Enviar la clasificación obtenida desde el servidor al dispositivo móvil para ser presentada al usuario
11. Fin

4.1.3. Prototipo móvil

Se proyecta implementar una aplicación móvil híbrida que permite autenticar y registrar usuarios. La aplicación permitirá a los usuarios autenticados capturar imágenes del aguacate haciendo uso de la cámara del dispositivo para posteriormente ser enviada al servidor web que tendrá la capacidad de procesar la imagen y lograr su correcta clasificación en la escala de madurez establecida. El usuario obtendrá esta clasificación a través de su dispositivo móvil.

Limitaciones

Las limitantes que se pueden presentar al hacer uso de la aplicación móvil y que perturba su correcto funcionamiento serian:

- El dispositivo móvil debe tener conexión a internet.
- Diferentes iluminaciones obtenidas al momento de la captura interfieren con el resultado esperado.

Tabla 10:
Características principales del dispositivo móvil

ID	Descripción	Prioridad
CAR-01	El software tendrá un sistema de ingreso muy intuitivo y comúnmente utilizado en otras aplicaciones, tal como lo es el sistema manejador de usuarios de logueo.	1
CAR-02	El sistema ofrecerá la posibilidad de acceder al servicio desde la aplicación móvil o un explorador web.	1
CAR-03	Desde la aplicación se podrá obtener información detallada sobre el aguacate hass.	1
CAR-04	El Software desarrollado permitirá capturar imágenes de aguacates y obtener su correcta clasificación de madurez.	1

Alcance

La aplicación de una manera eficiente, permitirá a los usuarios la creación de cuentas de una manera sencilla e intuitiva. Además, proporcionará a los usuarios la posibilidad de subir imágenes de aguacates desde la galería del dispositivo móvil y capturar fotos haciendo uso de la cámara para ser enviada a un servidor y obtener la clasificación de madurez del fruto.

CASOS DE USO

La Figura 5 muestra los casos de usos para el prototipo móvil.

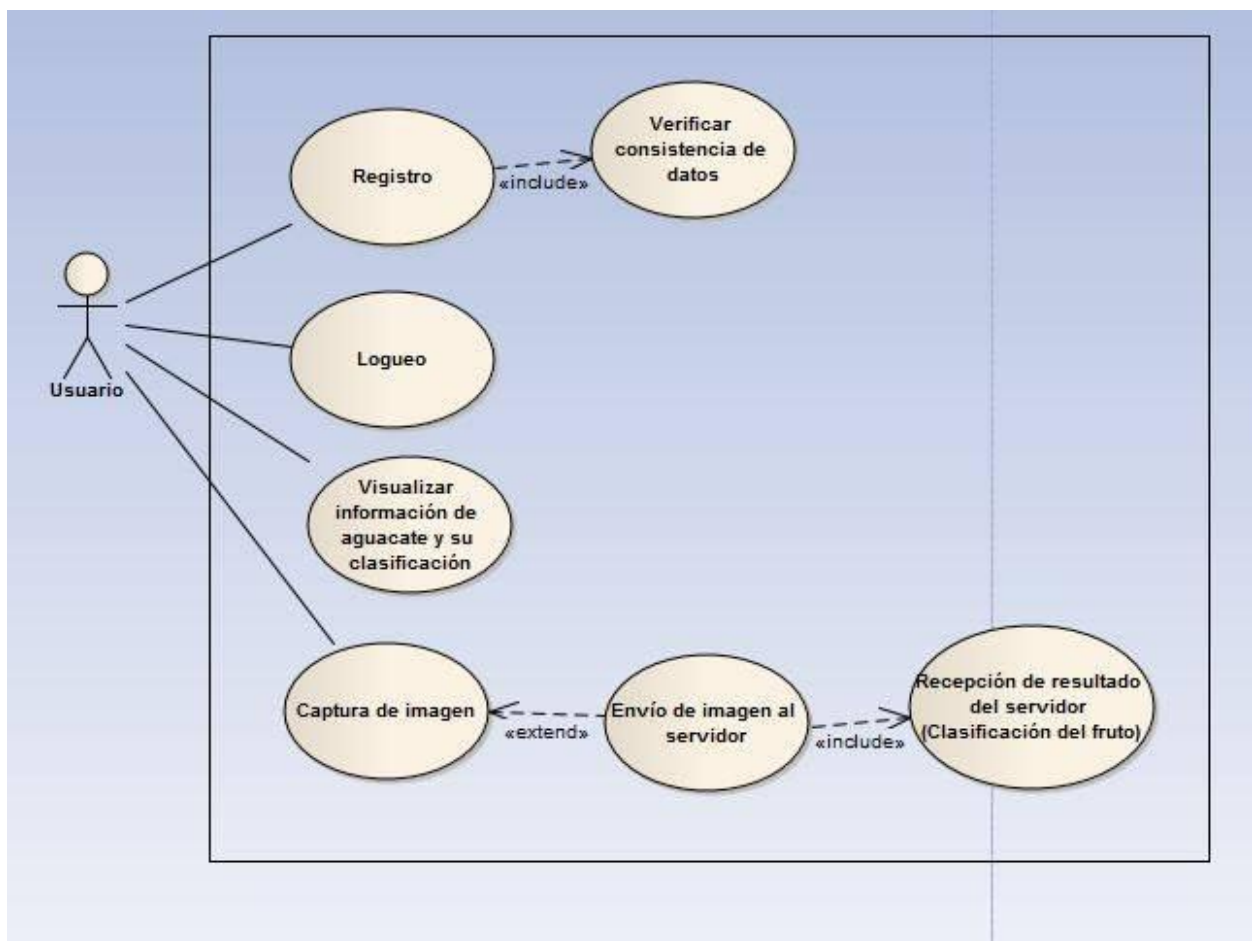


Figura 5. Caso de uso para el prototipo móvil

Tabla 11:
Descripción caso de uso 1

Caso de uso	Registro
Actores	Usuarios
Propósito	Este caso de uso permite a los usuarios solicitar la creación de una cuenta a través de un registro.
Resumen	Este caso de uso comienza cuando el usuario decide crear una cuenta para acceder al software.
Tipo	Esencial
Curso Normal de los Eventos	
Acción de los actores	Respuesta del sistema
1. Este caso de uso inicia cuando el usuario solicita crear una cuenta en la aplicación, seleccionando la opción de solicitar la cuenta.	2. El sistema muestra el formulario correspondiente para el ingreso de la información a la solicitud de la cuenta.
3. El usuario llena los campos y envía los datos.	4. El sistema verifica que todos los datos sean consistentes. Ver sección

	Verificar integridad.
	5. El sistema crea la cuenta y guarda la información brindada por el usuario.
	6. El sistema muestra un mensaje donde informa al usuario que ha creado la cuenta.
Curso Alterno	
Acción 4: Si usuario no ingresa datos consistentes o ingresa incompletos, el sistema muestra un mensaje solicitando los datos faltantes y regresa al paso 2	
Sección Verificar Integridad	
	1. El sistema verifica cada uno de los campos de datos suministrados por el usuario sean consistentes, identificación, nombre, apellidos, fecha de nacimiento, sexo y correo electrónico.
	2. El sistema verifica que la contraseña suministrada por el usuario cumpla con las

	especificaciones dadas.
	3. El sistema verifica que sea un usuario válido para crear la cuenta a través de su edad.
	4. El sistema aprueba o autoriza la creación de la cuenta
Curso Alterno	
Acción 1: Si algún dato que es obligatorio, no fue ingresado por el usuario o el Id digitado por el ya existe, el sistema muestra un mensaje diciendo que falta información o que el Id escogido ya existe.	
Acción 2: Si la contraseña no cumple con las especificaciones dadas debe volver a solicitarse indicando al usuario a través de un mensaje. Debe volver al paso 3 del caso de uso Solicitar la creación de la Cuenta	
Acción 3: Si el usuario no está autorizado para crear una cuenta. Se muestra un mensaje indicando que debe tener la edad suficiente para poder tener una cuenta.	

Tabla 12:
Descripción caso de uso 2

Caso de uso	Logueo
Actores	Usuarios
Propósito	Se espera poder ingresar al sistema mediante un usuario y contraseña
Resumen	Este caso de uso comienza cuando el usuario desea ingresar a su perfil.
Tipo	Esencial
Curso Normal de los Eventos	
Acción de los actores	Respuesta del sistema
1. El caso de uso inicio cuando algún usuario desea ingresar a su perfil.	2. El sistema debe abrir la vista indicada y solicitar usuario y contraseña
3. Se visualiza la vista deseada y se ingresan los datos correspondientes.	4. El sistema confirma los datos en la base de datos y permite o deniega el acceso.

Tabla 13:
Descripción caso de uso 3

Caso de uso	Visualizar información de aguacate y su clasificación
Actores	Usuarios
Propósito	Se espera brindar información específica sobre el aguacate Hass y contextualizar al usuario sobre la clasificación de madurez que se está aplicando
Resumen	Este caso de uso comienza cuando el usuario desea conocer información del fruto
Tipo	Esencial
Curso Normal de los Eventos	
Acción de los actores	Respuesta del sistema
1. El caso de uso inicio cuando el usuario desea conocer más sobre el aguacate hass y la clasificación de madurez que se maneja en el aplicativo.	2. El sistema debe abrir la vista indicada

3. Se visualiza la vista deseada.	
-----------------------------------	--

Tabla 14:
Descripción de caso de uso 4

Caso de uso	Captura de imagen
Actores	Usuarios
Propósito	Se espera capturar la imagen del aguacate haciendo uso de la cámara del dispositivo para luego ser enviada al servidor y obtener su clasificación de madurez.
Resumen	Este caso de uso comienza cuando el usuario desea conocer el estado de madurez de un aguacate.
Tipo	Esencial
Curso Normal de los Eventos	
Acción de los actores	Respuesta del sistema

1. El caso de uso inicio cuando el usuario desea conocer el estado de madurez de un aguacate hass.	2. El sistema debe abrir la cámara del dispositivo móvil.
3. Se realiza la captura de la imagen con la cámara y se envía al servidor.	4. El aplicativo envía la foto al servidor y espera respuesta.
5. La clasificación del aguacate es visualizada en el dispositivo móvil.	

Descripciones técnicas y ambiente de desarrollo

Para la realización del prototipo se vio la necesidad de crear un servidor en donde se ejecutará el algoritmo desarrollado, dicho servidor entregará sus resultados al dispositivo móvil.

El servidor se desarrolla con el apoyo de las tecnologías NodeJs Express y MongoDB en la cual se tiene un sistema que permite el logueo y creación de nuevo usuario.

El servidor permite a los usuarios autenticados subir la imagen que se desea procesar para realizar su respectivo cálculo de madurez.

Se plantean dos modelos para la base de datos, en el cual se tiene los usuarios y las imágenes a procesar, dicha conexión con la base de datos se realiza por medio de Mongoose.

Para la captura de las imágenes se utilizó la cámara del celular Samsung Galaxy J7 SM-J700MZ que tiene un lente con apertura máxima f/1,9 y 13 megapíxeles con un ambiente controlado, siendo este una caja de madera con 16 * 16 cm de base y 20

centímetros de altura con luz led fría al interior y un agujero en la tapa superior donde se posiciona el lente del celular

El seguimiento que se le hizo al aguacate durante su proceso de maduración fue con las siguientes especificaciones:

- La investigación se realizó en la ciudad de Pereira, Risaralda de Colombia que se encuentra a una altitud media de 1411 msnm, con clima templado - húmedo y la temperatura promedio es de 21.2 °C. [23]
- Los aguacates permanecieron a la sombra durante todo el proceso de maduración.
- Los tiempos definidos en la escala de madurez propuesta están sujetos a las condiciones climáticas mencionadas anteriormente debido a que el tiempo de madurez del fruto cambia el tiempo y proceso de maduración del aguacate

5. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Se logró desarrollar el prototipo móvil y establecer la escala que permite clasificar el grado de madurez del aguacate Hass con el uso de procesamiento digital de imágenes. En un ambiente controlado de luz, para efecto de evitar el cambio de color en ambientes naturales.

En el desarrollo del proyecto se encontró que la recolección y clasificación del mismo es manual por lo que se tuvo dificultad para establecer el estado de madurez preciso teniendo en cuenta una clasificación estándar. Por lo cual el proyecto se deja planteado como una primera fase y se espera mejorar en un futuro realizando la escala de madurez haciendo comparativos con diferentes escalas internacionales.

Se deja una base tecnológica que permite analizar el estado de madurez del aguacate con un método no invasivo que no afecta la integridad del fruto debido a que no hay que palparlo, como tradicionalmente se hace para medir la madurez del mismo.

Para la continuación del proyecto es recomendable verificar el estado de madurez con pruebas de laboratorio que puedan definir la madurez en su estado fisiológico haciendo un cotejo con el análisis digital de imágenes.

En etapas futuras se busca, mejorar el algoritmo de manera que funcione en ambientes naturales de luz, sin afectar su precisión en la toma del promedio del color, buscando así que el prototipo móvil se vuelva en un producto útil para los gremios producción y comercialización del aguacate.

6. BIBLIOGRAFÍA

[1] Edgar Roa Guerrero and Gustavo Meneses Benavides, "Automated system for classifying Hass avocados based on image processing techniques", *2014 IEEE Colombian Conference on Communications and Computing (COLCOM)*, 2014.

[2]A. Nasaruddin, S. Mohd Shah Baki and N. Md. Tahir, "Watermelon maturity level based on rind colour as categorization features", *2011 IEEE Colloquium on Humanities, Science and Engineering*, 2011.

[3]I. Arzate-Vázquez, J. Chanona-Pérez, M. Perea-Flores, G. Calderón-Domínguez, M. Moreno-Armendáriz, H. Calvo, S. Godoy-Calderón, R. Quevedo and G. Gutiérrez-López, "Image Processing Applied to Classification of Avocado Variety Hass (*Persea americana* Mill.) During the Ripening Process", *Food and Bioprocess Technology*, vol. 4, no. 7, pp. 1307-1313, 2011.

[4]A. Clément, M. Dorais and M. Vernon, "Multivariate Approach to the Measurement of Tomato Maturity and Gustatory Attributes and Their Rapid Assessment by Vis-NIR Spectroscopy", *J. Agric. Food Chem.*, vol. 56, no. 5, pp. 1538-1544, 2008.

[5]H. Calvo, M. Moreno-Armendáriz and S. Godoy-Calderón, "A practical framework for automatic food products classification using computer vision and inductive characterization", *Neurocomputing*, vol. 175, pp. 911-923, 2016.

[6]G. Capizzi, G. Sciuto, C. Napoli, E. Tramontana and M. Woźniak, "Automatic Classification of Fruit Defects based on Co-Occurrence Matrix and Neural Networks", *Proceedings of the 2015 Federated Conference on Computer Science and Information Systems*, 2015.

[7]R. Amirulah, M. Mokji and Z. Ibrahim, "Starfruit Color Maturity Classification Using Cr

as Feature", *2010 Sixth International Conference on Signal-Image Technology and Internet Based Systems*, 2010.

[8]F. Hahn, "Actual Pathogen Detection: Sensors and Algorithms - a Review", *Algorithms*, vol. 2, no. 1, pp. 301-338, 2009.

[9]F. Godinez-Garcia, J. Celis-Porras, R. Guerrero-Rivera, E. Gamero-Inda, S. Valle-Cervantes, J. Gallegos-Infante, G. Luna-Barcena, F. Hann-Schlam and M. Rocha-Fuentes, "A Noninvasive Method to Identify Larvae in Apples Based on Wavelets", *Food and Bioprocess Technology*, vol. 5, no. 2, pp. 568-575, 2010.

[10]J. D Amato, C. Garcia Bauza and G. Boroni, "Color Based Fruits classification using GPU", *IEEE Latin America Transactions*, vol.9, no. 3, pp. 346-350, 2011.

[11]F. Rahman, S. Baki, A. Yassin, N. Tahir and W. Ishak, "Monitoring of Watermelon Ripeness Based on Fuzzy Logic", *2009 WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering*, 2009.

[12]P. Gokul, S. Raj and P. Suriyamoorthi, "Estimation of volume and maturity of sweet lime fruit using image processing algorithm", *2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSPP)*, 2015.

[13]N. El-Bendary, E. El Hariri, A. Hassanien and A. Badr, "Using machine learning techniques for evaluating tomato ripeness", *Expert Systems with Applications*, vol. 42, no. 4, pp. 1892-1905, 2015.

[14]T. Ignat, V. Alchanatis and Z. Schmilovitch, "Maturity prediction of intact bell peppers by sensor fusion", *Computers and Electronics in Agriculture*, vol. 104, pp. 9-17, 2014.

[15]C. Clark, V. McGlone, C. Requejo, A. White and A. Woolf, "Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 29, no. 3, pp. 301-308, 2003.

[16]J. Abbott, "Quality measurement of fruits and vegetables", *Postharvest Biology and Technology*, vol. 15, no. 3, pp. 207-225, 1999.

[17]J. van Duynhoven, A. Voda, M. Witek and H. Van As, "Time-Domain NMR Applied to Food Products", *Annual Reports on NMR Spectroscopy*, pp. 145-197, 2010.

[18]A. Verma, R. Hegadi and K. Sahu, "Development of an effective system for remote monitoring of banana ripening process", *2015 IEEE International WIE Conference on Electrical and Computer Engineering (WIECON-ECE)*, 2015.

[19]K. Subramaniam and S. Balasubramanian, "Application of parallel computing in image processing for grading of citrus fruits", *2015 International Conference on Advanced Computing and Communication Systems*, 2015.

[20]M. Cerdas Araya, M. Montero Calderón and E. Díaz Cordero, *MANUAL DE MANEJO PRE Y POSCOSECHA DE AGUACATE*. (Persea americana), 2006.

[21] A. CORONADO VARGAS and L. MALDONADO PARRA, "IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS DETECTORES DE BORDES EN FPGA", 2011.

[22]R. HVACR, "Almacenamiento y refrigeración de frutas - Mundo HVACR", Mundo HVACR,2017.[Online].Available:<https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2010/01/almacenamiento-y-refrigeracion-de-frutas/>. [Accessed: 27- May- 2017].

[23]Ideam.gov.co, 2017. [Online]. Available: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>. [Accessed: 31- May- 2017].

[24]"MANUAL TÉCNICO DE FRUTAS Y VERDURAS", abcfrutas, 2017. [Online]. Available:

<http://abcdefrutasyverduras.com/descargas/Manual%20Tecnico%20Frutas%20y%20Verduras.pdf>. [Accessed: 31- May- 2017].

[25]"Implementing the flood fill algorithm", Codecodex.com. [Online]. Available: http://www.codecodex.com/wiki/Implementing_the_flood_fill_algorithm. [Accessed: 02-Jun- 2017].

[26]"Filtrado de imágenes", informatica.uv.e, 2017. [Online]. Available: <http://informatica.uv.es/doctorado/AIRF/ParteAI/tema3.pdf>. [Accessed: 02- Jun- 2017].

[27]"Los 3 tipos de aplicaciones móviles: ventajas e inconvenientes", LanceTalent, 2017. [Online]. Available: <https://www.lancetalent.com/blog/tipos-de-aplicaciones-moviles-ventajas-inconvenientes/>. [Accessed: 02- Jun- 2017].

[28] CANTILLO, Juan A FERNANDEZ, Carlos M y otros. Durabilidad de los Alimentos. Métodos de Estimación. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Habana Cuba. 1994.

[29]"C# - Forms - Cómo convertir una imagen a escala de grises", Msdn.microsoft.com, 2017. [Online]. Available: <https://msdn.microsoft.com/es-es/communitydocs/net-dev/csharp/convertir-una-imagen-a-escala-de-grises>. [Accessed: 02- Jun- 2017].

ANEXOS

GET_IMAGE COLOR.js

```
var sobel = require("sobel");
var Canvas = require("canvas");
var ImageSobel = Canvas.Image;
var canvas = new Canvas();
var PNG = require("pngjs").PNG;
var chunk = require("chunk");
//
var base64 = require('base-64');
var choque = require('node-base64-image');
var upload = require('multer');
var mv = require("mv");
var image_finder = require("../middlewares/find_image");
var lwip = require('jimp');
module.exports = function(req,res, ext, imagen, from) {

imagen.save(function(err) {
  if (!err) {
    var imgJSON = {
      "id": imagen._id,
      //"title": imagen.title,
      "extension": imagen.extension
    }

    return mv(
      req.file.path,
```



```
"public/imagenes/" + imagen._id + "." + ext, function(err) {
  if (err) {
    console.log(err);
  } else {
    lwip.read(
      "public/imagenes/" + imagen._id + "." + ext,
      function(err, image) {
        console.log(image);
        // check err...
        // define a batch of manipulations and save to disk as
        // JPEG:
        image.scale(0.1).write(
          "public/imagenes/" + imagen._id + "_scale." + ext,
          function(err) {
            var imgs = new ImageSobel();

            var ctx = canvas.getContext("2d");
            var chunk = require("chunk");

            var fs = require("fs");

            imgs.src = "public/imagenes/" + imagen._id +
              "_scale." + ext;
            console.log(imgs);
            var width = imgs.width;
            var height = imgs.height;
            var newfile =
              new PNG({width: width, height: height});
```

```

canvas.width = width;
canvas.height = height;
ctx.drawImage(imgs, 0, 0);

var imageData =
ctx.getImageData(0, 0, width, height);
// console.log(imageData);
var sobelData = sobel(imageData);
// console.log(sobelData);22
var final_image = chunk(imageData.data, 4);

var sobelImageData = sobelData.toImageData();
for (var y = 0; y < newfile.height; y++) {
  for (var x = 0; x < newfile.width; x++) {
    var idx = (newfile.width * y + x) << 2;

    var col = x < (newfile.width >> 1) ^
y < (newfile.height >> 1) ?
0xe5 :
0xff;

    newfile.data[idx] = sobelData[idx];
    newfile.data[idx + 1] = sobelData[idx + 1];
    newfile.data[idx + 2] = sobelData[idx + 2];
    newfile.data[idx + 3] = sobelData[idx + 3];
  }
}
// 2
var rgb = [0, 0, 0];
var count = 0;
function floodFill() {

```

```
var centery = parseInt(newfile.height / 2);
var centerx = parseInt(newfile.width / 2);
var stack = [];
var point = new Array(centerx, centery);
stack.push(point);

console.log(point[0]);
console.log(point[1]);

while (stack.length != 0) {
  var xy = stack.pop();
  var idx = (newfile.width * xy[1] + xy[0]) << 2;

  var limits = 150;

  if (xy[0] > 0 && xy[0] < newfile.width - 1 && xy[1] > 0 &&
    xy[1] < newfile.height) {
    var left = (newfile.width * xy[1] + xy[0] - 1) << 2;
    var right = (newfile.width * xy[1] + xy[0] + 1) << 2;
    var up = (newfile.width * (xy[1] - 1) + xy[0]) << 2;
    var down = (newfile.width * (xy[1] + 1) + xy[0]) << 2;

    if (newfile.data[left] < limits && newfile.data[left + 1] < limits &&
      newfile.data[left + 2] < limits) {
      var p = new Array(xy[0] - 1, xy[1]);
      stack.push(p);

      newfile.data[left] = 255;
      newfile.data[left + 1] = 0;
      newfile.data[left + 2] = 0;
```

```
}
```

```
if (newfile.data[rigth] < limits && newfile.data[rigth + 1] < limits &&  
    newfile.data[rigth + 2] < limits) {  
    var p = new Array(xy[0] + 1, xy[1]);  
    stack.push(p);
```

```
    newfile.data[rigth] = 255;  
    newfile.data[rigth + 1] = 0;  
    newfile.data[rigth + 2] = 0;  
}
```

```
if (newfile.data[up] < limits && newfile.data[up + 1] < limits &&  
    newfile.data[up + 2] < limits) {  
    var p = new Array(xy[0], xy[1] - 1);  
    stack.push(p);
```

```
    newfile.data[up] = 255;  
    newfile.data[up + 1] = 0;  
    newfile.data[up + 2] = 0;  
}
```

```
if (newfile.data[down] < limits && newfile.data[down + 1] < limits
```

&&

```
    newfile.data[down + 2] < limits) {  
    var p = new Array(xy[0], xy[1] + 1);  
    stack.push(p);
```

```
    newfile.data[down] = 255;
```

```

        newfile.data[down + 1] = 0;
        newfile.data[down + 2] = 0;
    }
}
count++;
rgb[0] += imageData.data[idx];
rgb[1] += imageData.data[idx + 1];
rgb[2] += imageData.data[idx + 2];

}
rgb[0] = rgb[0] / (count);
rgb[1] = rgb[1] / (count);
rgb[2] = rgb[2] / (count);
console.log("rgb ", rgb);
}

floodFill(newfile);
newfile
.pack()

.pipe(
    fs.createWriteStream(
        "public/imagenes/" + imagen._id +
        "_sobel.png"))
.on("finish", function(err) {
    if (!err) {
        console.log("logrado :D");
        if(from == "web")
            res.redirect(
                "/app/imagenes/" + imagen._id);
        else{

```

```

if((rgb[0] >= 35 && rgb[0]<= 53) && (rgb[1]>=28 && rgb[1]<=51)){
  if(rgb[1] <= 33){
    res.send(200, "estado: Maduro   recomendacion: Consumir
Rápido");
  }else res.send(200,"estado: Maduro   recomendacion: Hacer
una rica comida");
}else if((rgb[0] >= 60) && (rgb[1]>=60)){
  if(rgb[0]>60 && rgb[1]>60){
    res.send(200,"estado: verde   recomendacion: tiene una vida
de anaquel aproximada de 11 a 13 días, se recomienda tomar foto en los proximos 5
días");
  }else res.send(200,"estado: verde,   recomendacion: tiene una
vida de anaquel aproximada de 12 días, se recomienda tomar foto en los proximos 5
días");

}else if((rgb[0] >= 51 && rgb[0]<= 59) && (rgb[1]>=48 &&
rgb[1]<=59) ){
  if(rgb[0] < 53){
    res.send(200,"estado: verde   recomendacion: Vida de
anaquel aproximada 4 a 5 días, se recomienda tomar foto dentro de 2 días");
  }else if(rgb[1] <50){
    res.send(200,"estado: verde   recomendacion: Vida de
anaquel aproximada 4 a 5 días, se recomienda tomar foto dentro de 2 días");
  }else{
    res.send(200,"estado: verde   recomendacion: Vida de
anaquel aproximada 6 días, se recomienda tomar foto dentro de 3 días");
  }
}else if(rgb[0]<=53 && rgb[1]>51){
  if(rgb[2]>=28 && rgb[2] <=45){

```

```
        res.send(200,"estado: maduro    recomendacion: Hacer una
rica comida" );
    }else res.send(200,"estado: verde    recomendacion: tomar foto
mañana");

    }else res.send(200,"estado: nn    recomendacion: parece que
algo salio mal, por favor intentelo de nuevo");

    }

    }
});
});
});

console.log("fichero guardado ");
}
});
} else {
    console.log(err);
    res.render(err);
}
});
}
```

APPS.js

```
var express = require("express");
var session = require("cookie-session");
var User = require("./models/users").User;
var router_app = require("./routers_app");
var session_middleware = require("./middlewares/session");
var formidable = require("express-formidable");
```

```
var multer = require('multer');
var methodOverride = require("method-override");
var app = express();
var Imagen = require("./models/imagenes");
var router = express.Router();
```

```
var sobel= require("./get_image_color");
var bodyParser = require('body-parser');
```

```
var app = express();
app.set('port', (process.env.PORT || 5000));
```

```
app.use(bodyParser.urlencoded({extended: true}));
app.use(bodyParser.json());
```

```
app.use("/public", express.static('public'));
```



```
// app.use(bodyParser.json()); // para json
// app.use(bodyParser.urlencoded({extended: true}));

/*app.use(function (req, res, next) {

    // Website you wish to allow to connect
    res.setHeader('Access-Control-Allow-Origin', 'http://192.168.1.83:8100 ');

    // Request methods you wish to allow
    res.setHeader('Access-Control-Allow-Methods', 'GET, POST, OPTIONS, PUT,
PATCH, DELETE');

    // Request headers you wish to allow
    res.setHeader('Access-Control-Allow-Headers', 'X-Requested-With,content-type');

    // Set to true if you need the website to include cookies in the requests sent
    // to the API (e.g. in case you use sessions)
    res.setHeader('Access-Control-Allow-Credentials', true);

    // Pass to next layer of middleware
    next();
});*/

app.use(methodOverride("_method"));

app.use(session({
    name: "session",
    keys: ["llave1", "llave2"]
}));
```

```

var upload = multer({ dest: '/tmp/'});
var upload = multer({ dest: '/tmp/'});
//app.use(multer({dest:'/tmp/'}).single("archivo"));

//app.use(formidable({keepExtensions: true}));
app.set("view engine", "jade");

app.get("/", function(req, res) {
  console.log(req.session.user_id);
  res.render("index");

});

/*app.post("/app/imagenes/movil", upload.single('avatar'),function(req,res){
  console.log(req.file.path);
  console.log(req.file.mimetype);
  var ext = req.file.mimetype.split("/");
  return mv(req.file.path, "./public/imagenes/"+req.file.filename+"."+ext[1],
function(err){if(err)console.log(err);});
});*/

app.get("/signup", function(req, res) {
  User.find(function(err, doc) { res.render("signup"); });

});

app.get("/login", function(req, res) {
  User.find(function(err, doc) {
    console.log(doc);
    res.render("login");

  });
});

```

```
});
```

```
app.post("/users", function(req, res) {  
  var user = new User({  
    email: req.body.email,  
    password: req.body.password,  
    password_confirmation: req.body.password_confirmation,  
    username: req.body.username
```

```
});
```

```
user.save().then(  
  function(us) { res.render("login"); },  
  function(err) {  
    console.log("algo ocurrión al guardar");  
    res.send("no se guardó");  
  });
```

```
});
```

```
app.post("/users/movil", function(req, res) {  
  var user = new User({  
    email: req.body.email,  
    password: req.body.password,  
    password_confirmation: req.body.password_confirmation,  
    username: req.body.username
```

```
});
```

```
user.save().then(  
  function(us) { res.send(200,{message: "login"}); },  
  function(err) {
```

```

        console.log("algo ocurrien al guardar");
        res.send(200, {message: "no se guardo"});
    });

});

app.post("/sessions", function(req, res) {
    console.log("hola", req.body);
    User.findOne(
        {email: req.body.email, password: req.body.password},
        function(err, user) {
            if(user!=null)req.session.user_id = user._id;
            res.redirect("app/");
        });
});

app.post("/sessions/movil", function(req, res) {
    console.log("hola", req.body);
    User.findOne(
        {email: req.body.email, password: req.body.password},
        function(err, user) {
            if(!err){
                if(user!= null){
                    req.session.user_id = user._id;
                    console.log("fino");
                    res.send(200,{
                        message: "loggedIn"
                    });
                }else res.send(200,{
                    message: "paila"
                });
            }
        });
});

```

```
});
```

```
app.use("/app", session_middleware);  
app.use("/", session_middleware);  
app.post("/app/imagenes/movil", upload.single("movil"), function(req, res){  
  console.log("hola");  
  console.log(req.file.path);  
  console.log(req.file.mimetype);  
  var ext = req.file.mimetype.split("/").pop();  
  var data = {  
    //title: req.file.originalname,  
    creator: res.locals.user._id,  
    extension: ext  
  };  
  var imagen = new Imagen(data);  
  sobel(req, res, ext, imagen, "movil");  
  
});
```

```
app.post("/app/imagenes/", upload.single("web"), function(req, res){  
  console.log(" reo ", res.locals);  
  
  var ext = req.file.mimetype.split("/").pop();  
  var data = {  
    //title: req.fields.title,  
    creator: res.locals.user._id,  
    extension: ext  
  };  
  var imagen = new Imagen(data);  
  sobel(req, res, ext, imagen, "web");
```

```
});  
app.use("/app", router_app);  
app.listen(app.get('port'), function() {  
  console.log('Node app is running on port', app.get('port'));  
});
```

ROUTERS_APPS.js

```
var express = require("express");  
var fs = require("fs");  
var mv = require("mv");  
var Imagen = require("./models/imagenes");  
var router = express.Router();  
var image_finder = require("./middlewares/find_image");  
//var jimp = require("jimp");  
var lwip = require('jimp');  
  
var sobel = require("sobel");  
var Canvas = require("canvas");  
var ImageSobel = Canvas.Image;  
var canvas = new Canvas();  
var PNG = require("pngjs").PNG;  
var chunk = require("chunk");  
//  
var base64 = require('base-64');  
var choque = require('node-base64-image');  
var upload = require('multer');  
  
var multer = require('multer');
```

```
var upload = multer({ dest: '/tmp/'});
```

```
router.get("/", function(req, res) {  
  Imagen.find({}).populate("creator").exec(function(err, imagenes) {  
    if (err) {  
      console.log(err);  
    }  
    res.render("app/home", {imagenes: imagenes});  
  })  
});
```

```
/* REST */
```

```
router.get(  
  "/imagenes/new", function(req, res) { res.render("app/imagenes/new"); });
```

```
router.all("/imagenes/:id*", image_finder);
```

```
router.route('/salir').get(function(req, res) {  
  delete req.session.user_id;  
  
  res.redirect('/login')  
  
});
```

```
router.route("/imagenes/:id")
.get(function(req, res) {
  res.render("app/imagenes/show");

})
.delete(function(req, res) {
  Imagen.findOneAndRemove({_id: req.params.id}, function(err) {
    if (!err) {
      res.redirect("/app/imagenes");
    } else {
      res.redirect("/app/imagenes" + req.params.id);
    }
  });
});
});
```

```
router.route("/imagenes")
.get(function(req, res) {
  Imagen.find({creator: res.locals.user._id}, function(err, imagenes) {
    if (err) {
      res.redirect("/app");
      return;
    }
    res.render("app/imagenes/index", {imagenes: imagenes});
  });
})
```

```
module.exports = router;
```


IMÁGENES.js

```
var mongoose = require("mongoose");
var Schema = mongoose.Schema;

var img_schema = new Schema({
  //title: {type: String, required: true},
  creator: {type: Schema.Types.ObjectId, ref: "User"},
  extension: {type: String, required: true}
});

var Imagen = mongoose.model("Imagen", img_schema);

module.exports = Imagen;
```

USERS.js

```
var mongoose = require("mongoose");
mongoose.connect("mongodb://ccss:chato940830300894@ds011880.mlab.com:11880/
heroku_nhkrgh7b/fotos");
var Schema = mongoose.Schema;
var email_match =
  [/^\w+([\.-]?\w+)*@\w+([\.-]?\w+)*(\.\w{2,3})+$/, "Coloca un email valido"];
var posibles_valores = ["M", "F"];
var user_schema = new Schema({
  name: String,
  username: {type: String, required: true, maxlength: [50, "user muy larg"]},
```

```

password: {
  type: String,
  minlength: [8, "el minimo es de 8s"],
  validate: {
    validator: function(p) { return this.password_confirmation == p; },
    message: "las contraseñas no son iguales"
  }
},
age: {type: Number, min: [5, "la edad no puede ser menor que 5"], max: 100},
email:
  {type: String, required: "el correo es obligatorio", match: email_match},
date_of_bith: Date,
sex: {
  type: String,
  enum: {values: posibles_valores, message: "opcion no valida"}
}
});

```

```

user_schema.virtual("password_confirmation")
  .get(function() { return this.p_c; })
  .set(function(password) { this.p_c = password; });

```

```

var User = mongoose.model("User", user_schema);
module.exports.User = User;

```

```

/*
string
number
date
buffer

```

boolean

mixed

objetid

array

SESSIONS.js

```
var User = require("../models/users").User;
module.exports = function(req, res, next) {
  if (!req.session.user_id) {
    res.redirect("/login");
  } else {
    User.findById(req.session.user_id, function(err, user) {
      if (err) {
        console.log(err);
        res.redirect("/login");
      } else {
        res.locals = {user: user};
        next();
      }
    });
  }
}
```

IMAGE_PERMISSION.js

```
var Imagen = require("../models/imagenes");
```

```
module.exports = function(image, req, res) {
```

```
// True = Tienes permisos
// Falso = SI no tienes permisos
if (req.method === "GET" && req.path.indexOf("edit") < 0) {
  // Ver la imagen
  return true;
}

if (typeof image.creator === "undefined") return false;

if (image.creator._id.toString() == res.locals.user._id) {
  // Esta imagen yo la subí
  return true;
}

return false;

}
}
```

PARTE MÓVIL

APPS.js

```
// Ionic Starter App

// angular.module is a global place for creating, registering and retrieving Angular
modules
// 'starter' is the name of this angular module example (also set in a <body> attribute in
index.html)
// the 2nd parameter is an array of 'requires'
example=angular.module('starter', ['ionic','ngCordova','ui.router','starter.services'])
```

```

example.constant('$ionicLoadingConfig', {
  template: 'Loading...'
});
example.run(function($ionicPlatform) {
  $ionicPlatform.ready(function() {
    if(window.cordova && window.cordova.plugins.Keyboard) {
      // Hide the accessory bar by default (remove this to show the accessory bar above
the keyboard
      // for form inputs)
      cordova.plugins.Keyboard.hideKeyboardAccessoryBar(true);

      // Don't remove this line unless you know what you are doing. It stops the viewport
      // from snapping when text inputs are focused. Ionic handles this internally for
      // a much nicer keyboard experience.
      cordova.plugins.Keyboard.disableScroll(true);
    }
    if(window.StatusBar) {
      StatusBar.styleDefault();
    }
  });
});

```

```

example.config(function($stateProvider,$urlRouterProvider){
  console.log("privider");
  $stateProvider
  .state('login',{
    url: '/login',
    templateUrl: 'templates/login.html',
    controller : 'AppCtrl'
  });

```

```

    })
    .state('registro',{
        url: '/registro',
        templateUrl: 'templates/registro.html',
        controller: 'RegistroCtrl'
    })
    .state('camera',{
        url: '/camera',
        templateUrl: 'templates/camera.html',
        controller : 'ExampleController'
    })
    .state('bienvenida',{
        url: '/bienvenida',
        templateUrl: 'templates/bienvenida.html',
        controller : 'BienvenidaController'
    })
    .state('home-avocado',{
        url: '/home-avocado',
        templateUrl: 'templates/home.html',
        controller : 'HomeController'
    });
    $urlRouterProvider.otherwise('/login');
});

example.controller('BienvenidaController', function($scope,$state){
    $scope.cam= function(){
        $state.go('camera');
    };
    $scope.info = function(){
        $state.go('home-avocado');
    };
});

```

```

};
});
example.controller('HomeController', function($scope,$state){
  $scope.cam = function(){
    $state.go('camera');
  };
});

```

```

example.controller('AppCtrl', function($scope, $http,$state) {
  $scope.data = {};
  $scope.toRegister = function(){
    $state.go('registro');
  };
  $scope.login = function(){
    console.log("hola", $scope.data.password, " username " , $scope.data.username);
    var link = 'https://avocadosutp.herokuapp.com/sessions/movil';

    $http.post(link, {email : $scope.data.username, password: $scope.data.password
  }).then(function (res){
    $scope.response = res.data.message;

    console.log(res.data);
    if(res.data.message == "loggedIn"){
      console.log("hola");
      $state.go('bienvenida');
    }
  });
});

});
example.controller('RegistroCtrl', function($scope, $http,$state) {

```

```

$scope.data = {};
$scope.toLogin = function(){
  $state.go('login');
};
$scope.registro = function(){
  console.log("hola", $scope.data);
  var link = 'https://avocadosutp.herokuapp.com/users/movil';

  $http.post(link, {email : $scope.data.email, password: $scope.data.password,
    password_confirmation: $scope.data.password_confirmation,
    username: $scope.data.username
  }).then(function (res){
    $scope.response = res.data.message;
    console.log(res.data.message);
    if(res.data.message == "login"){
      console.log("hola");
      $state.go('bienvenida');
    }
  });
};

});

example.controller("ExampleController", function($scope, $cordovaFileTransfer,
  Camara, $ionicLoading, $state) {
  var dir;
  $scope.tomaFoto = function(){
    var options = {
      quality: 100,
      encodingType: Camera.EncodingType.JPEG
    }
    Camara.tomaFoto(options).then(function(imageURI){

```



```
$scope.lastPhoto = imageURI;
dir = imageURI;
console.log(imageURI);
}, function(err){
  console.log(err);
}, {
  quality: 100,
  targetWidth: 200,
  targetHeight: 200,
  saveToPhotoAlbum: false
});
};
$scope.upload = function() {
  var options = {
    fileKey: "movil",
    fileName: "image.png",
    chunkedMode: false,
    mimeType: "image/png"
  };
```

```
$cordovaFileTransfer.upload("https://avocadosutp.herokuapp.com/app/imagenes/movil"
, dir, options).then(function(result) {
  console.log("Code = " + result.responseCode);
  console.log("Response = " + result.response);
  console.log("Sent = " + result.bytesSent);
  $ionicLoading.hide();
  //fileUrl = "http://192.168.100.8:8080/" + result.response;
  //console.log(fileUrl);
  $scope.response = result.response;
```

```

    }, function(err) {
      console.log("ERROR: " + JSON.stringify(err));
    }, function (progress) {
      $ionicLoading.show().then(function(){
        console.log("The loading indicator is now displayed");
      });
      // constant progress updates
    });

// DOWNLOAD FILE

}

});

```

SERVICES:js

```

angular.module('starter.services', [])
.factory('Camara', ['$q', function($q) {
  return {
    tomaFoto: function(options) {
      var q = $q.defer();
      navigator.camera.getPicture(function(result) {
        q.resolve(result);
      }, function(err) {
        q.reject(err);
      }, options);
    }
  };
}]);

```

```
        return q.promise;
    }
}
});
```

INDEX.HTML

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta name="viewport" content="initial-scale=1, maximum-scale=1, user-
scalable=no, width=device-width">
    <title></title>

    <link rel="manifest" href="manifest.json">

    <!-- un-comment this code to enable service worker
    <script>
      if ('serviceWorker' in navigator) {
        navigator.serviceWorker.register('service-worker.js')
          .then(() => console.log('service worker installed'))
          .catch(err => console.log('Error', err));
      }
    </script-->

    <link href="lib/ionic/css/ionic.css" rel="stylesheet">
    <link href="css/style.css" rel="stylesheet">

    <!-- IF using Sass (run gulp sass first), then uncomment below and remove the CSS
includes above
```

```
<link href="css/ionic.app.css" rel="stylesheet">
```

```
-->
```

```
<!-- ionic/angularjs js -->
```

```
<script src="lib/ionic/js/ionic.bundle.js"></script>
```

```
<!-- cordova script (this will be a 404 during development) -->
```

```
<script src="cordova.js"></script>
```

```
<script src="js/ng-cordova.min.js"></script>
```

```
<script src="js/services.js"></script>
```

```
<!-- your app's js -->
```

```
<script src="js/app.js"></script>
```

```
</head>
```

```
<body ng-app="starter">
```

```
<!--
```

```
  The views will be rendered in the <ion-nav-view> directive below
```

```
  Templates are in the /templates folder (but you could also  
  have templates inline in this html file if you'd like).
```

```
-->
```

```
<ion-nav-view></ion-nav-view>
```

```
</body>
```

```
</html>
```

HOME.HTML

```

<ion-view view-title="Inicio" name="home-avocado-view">
  <ion-nav-bar class="bar-balanced" align-title="center">
    <ion-nav-back-button >
    </ion-nav-back-button>
    <ion-nav-buttons side="right">
      <ion-icon name="camera"></ion-icon>

      <a ng-click = cam()> <i class="icon ion-camera large"></i> </a>
    </ion-nav-buttons>
  </ion-nav-bar>
  <ion-content class="padding">
    <ion-item class="grey item-text-wrap">
      <h2>El aplicativo, calcula en los siguientes estados de madures, para el aguacate
hass.</h2>
      </ion-item>
      <ion-item class="item-text-wrap">
        <h3>Verde</h3>
        
        <p> Estado en el que
          el aguacate es cortado del árbol </p>
      </ion-item>

      <ion-item class="item-text-wrap">
        <h3>Verde Intermedio</h3>
        
        <p>Estado en el que
          el aguacate esta con pigmentos
          de color marron</p>
      </ion-item>

      <ion-item class="item-text-wrap">

```

```

    <h3>Maduro</h3>
    
    <p>Estado en el cual se puede consumir</p>
  </ion-item>

  <ion-item class="item-text-wrap">
    <ion-label stacked>Nota</ion-label>
    <p>Para tomar fotos ingresa a la camara en la parte superior derecha de tu
celular</p>
  </ion-item>

</ion-content>
</ion-view>

```

CAMARA.HTML

```

<ion-view view-title="Camera" name="camera-view">
  <ion-nav-bar class="bar-balanced">
    <ion-nav-back-button></ion-nav-back-button>
  </ion-nav-bar>
  <ion-content class="padding">
    <button ng-click="tomaFoto()" class="button button-balanced button-
block">Capturar!</button>
    <div class="card" >
      <div class="item item-text-wrap altura">
        
      </div>

```

```
</div>
```

```
<button class="button button-balanced button-block" ng-  
click="upload()">Analizar</button>  
<div class="card">  
  <div class="item item-text-wrap">  
    <!--<img ng-src={{response}} style="max-width: 100%" />-->  
    <b ng-bind="response"></b>  
  </div>  
</div>  
</ion-content>  
</ion-view>
```

BIENVENIDA.HTML

```
<ion-view view-title="Bienvenidos" name="bienvenida-view">  
<ion-nav-bar class="bar-balanced" align-title="center">  
  <ion-nav-back-button >  
</ion-nav-back-button>  
<ion-nav-buttons side="right">  
  <ion-icon name="camera"></ion-icon>  
  
  <a ng-click = cam()> <i class="icon ion-camera large"></i> </a>  
</ion-nav-buttons>  
</ion-nav-bar>  
<ion-content class="padding">  
  
<ion-item class="item-text-wrap ">
```

```
<h1 align-text="center">Bienvenidos</h1>

<p> Bienvenidos, Esta aplicacion fue desarrollada
por estudiantes de la UTP, creando tecnologías aplicadas para la agricultura.</p>
</ion-item>
```

```
<button class="button button-balanced" ng-click = cam()>Camara</button>
<button class="button button-balanced" ng-click= info()>Información</button>
```

```
</ion-content>
</ion-view>
```

REGISTRO.HTML

```
<ion-view view-title="Registro" name="registro-view">
  <ion-nav-bar class="bar-balanced">
    <ion-nav-back-button></ion-nav-back-button>
  </ion-nav-bar>
  <ion-content class="padding ">
    <div class="list list-inset">
      <label class="item item-input">
        <input type="email" placeholder="Enter Email" ng-model="data.email">
      </label>
      <label class="item item-input">
        <input type="password" placeholder="Password" ng-model="data.password">
      </label>
      <label class="item item-input">
```



```

        <input type="password" placeholder="Confirm Password" ng-
model="data.password_confirmation">
    </label>
    <label class="item item-input">
        <input type="text" placeholder="Enter Username" ng-model="data.username">
    </label>
</div>
<button class="button button-balanced button-block" ng-
click="registro()">Registrarse</button>
<a ng-click = toLogin()> Tengo una cuenta </a>

</ion-content>
</ion-view>

```

LOGIN.HTML

```

<ion-view view-title="Iniciar Sesión" name="login-view">
    <ion-nav-bar class="bar-balanced">
        <ion-nav-back-button></ion-nav-back-button>
    </ion-nav-bar>
    <ion-content class="padding padding-top scroll-content-login">
        <div class="list list-inset">
            <label class="item item-input">
                <input type="email" placeholder="Username" ng-model="data.username">
            </label>
            <label class="item item-input">
                <input type="password" placeholder="Password" ng-model="data.password">
            </label>
        </div>
        <button class="button button-block button-balanced" ng-click="login()">Iniciar
Sesión</button>

```

```
    <a ng-click = toRegister()> Registrarse </a>  
</ion-content>  
</ion-view>
```

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Promedio obtenido de RGB para la madurez de la sandía

Tabla 2: Máscara Sobel vertical

Tabla 3: Máscara Sobel horizontal

Tabla 4: Datos obtenidos con la ejecución del algoritmo

Tabla 5: Datos obtenidos por medio del algoritmo con 50 aguacates en estado de madurez 1 o verde

Tabla 6: Análisis estadístico a 50 aguacates en estado de madurez 1 o verde

Tabla 7: Datos obtenidos por medio del algoritmo con 50 aguacates en estado de madurez de consumo

Tabla 8: Análisis estadístico a 50 aguacates en estado de madurez para consumo

Tabla 9: madurez propuesta

Tabla 10: Características principales del dispositivo móvil

Tabla 11: Descripción caso de uso 1

Tabla 12: Descripción caso de uso 2

Tabla 13: Descripción caso de uso 3

Tabla 14: Descripción de caso de uso 4

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo para obtener la madurez de aguacate

Figura 2. Máscara de filtro de Sobel en imagen digital. [21]

Figura 3. Caja de madera para capturar imagen en ambiente controlado

Figura 4. Captura de fruto usando la caja de madera