

OBTENCIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE LA ENFERMEDAD BOTRYTIS EN IMÁGENES DIGITALES TOMADAS A FRESAS

M.C. Ana Celia Segundo Sevilla¹, M.C. Aarón Junior Rocha Rocha²,
y MSc. Bruno Barboza Orozco³

Resumen—La fresa es un cultivo de gran valor económico para los productores agrícolas de la región de Zamora. La fresa al igual que otras frutas sufre de una alta perecibilidad y son susceptibles al ataque de patógenos durante la cosecha y pos cosecha por lo que disminuye rápidamente su calidad comercial. El principal causante del deterioro de la fresa es el hongo denominado Botrytis cinérea el cual genera daños en el fruto, es considerado como la enfermedad más importante de la fresa, el cual puede llegar a generar pérdidas de hasta el 50% de la producción. Este proyecto es parte de un sistema que pretende automatizar el proceso llevado a cabo en la selección de la fresa para proceso, obteniendo solamente las características de la enfermedad a través de la captura de imágenes digitales, para su posterior identificación.

Palabras clave—fresa, enfermedad, botrytis, caracterización.

Introducción

México es uno de los principales productores de fresa, con 5% de la producción mundial. En 2014 alcanzo 9,967 hectáreas; principalmente en los estados de: Michoacán 5,896 ha, Baja California 2,273 ha, Guanajuato 888 ha, Jalisco 349 ha y Estado de México 336 ha.

La fresa es un cultivo de gran valor económico para los productores agrícolas de la región de Zamora. La fresa al igual que otras frutas sufre de una alta perecibilidad y son susceptibles al ataque de patógenos durante la cosecha y pos cosecha por lo que disminuye rápidamente su calidad comercial. El principal causante del deterioro de la fresa es el hongo denominado Botrytis cinérea el cual genera daños en los frutos de fresa tales como: pérdida de firmeza, color y sabor, que conducen a una disminución en la vida útil.

Así mismo, el moho gris es considerado como la enfermedad más importante de la fresa, el cual puede llegar a generar pérdidas de hasta el 50% de la producción. El hongo Botrytis cinérea se manifiesta inicialmente como una mancha marrón clara o amarillenta hacia el final del cáliz y a los pocos días cubre de un moho gris, toda la superficie de la fruta. Este es capaz de afectar el 95% de los frutos después de 48 horas de cosechados.

La detección y clasificación de defectos en frutas mediante el procesamiento digital de imágenes es un campo que ofrece grandes retos. Se pueden extraer propiedades del producto tales como: la forma, el tamaño, el color, etc. Pero el diseño de sistemas automatizados es más difícil de lo normal, ya que usualmente las frutas se distribuyen como objetos 3D irregulares, con una forma y tamaño aleatorios, obteniéndose imágenes que no se pueden manipular con la ayuda de técnicas tradicionales basadas, por ejemplo, en segmentación, comparación de plantillas o modelamiento rígido.

En muchos procesos es preferible optar por un proceso de clasificación sencillo y eficiente, en lugar de realizar una recolección selectiva, ya que los costos de producción son menores y la tasa de cosecha es más alta. Los sistemas automáticos usando visión artificial han sido implementados con éxito en diferentes procesos productivos.

Las medidas de las propiedades de muchos de los defectos en las frutas muestran que algunos de estos tienen propiedades de color característica por la cual, se consigue valiosa información para la detección y la clasificación. Las diferencias más importantes en los defectos de las frutas yacen en el rango visible y en las regiones cercanas a

¹ M.C. Ana Celia Segundo Sevilla es Profesor de la Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México.
chell081@hotmail.com (autor corresponsal)

² El M.C. Aarón Junior Rocha Rocha es Profesor de la Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México
mcaaron87@gmail.com

³ El MSc. Bruno Barboza Orozco es Profesor de la Ingeniería en Sistemas Computacionales e Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones del Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora, Michoacán, México
web2bruno@gmail.com

este. El infrarrojo cercano es importante para algunos tipos de defectos y el ultravioleta permite detectar daños subsuperficiales. Así mismo, es importante tener en cuenta un tipo de iluminación constante que permita un buen desempeño del sistema.

El trabajo presentado en este documento tiene como objetivo obtener las características de la enfermedad botrytis en un entorno no controlado, para posteriormente generar una técnica de identificación en el fruto específico de fresa.

Descripción del Método

Procedimiento

El procedimiento realizado para el desarrollo de la investigación lo muestra la Figura 1, en el cual se representan cada uno de los pasos que se llevaron a cabo desde la captura de la imagen en la parcela, hasta la caracterización de la enfermedad.

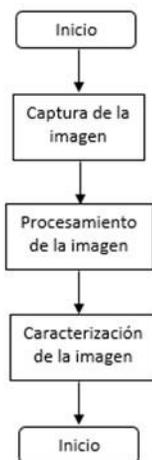


Figura 1. Procedimiento efectuado

Captura de la imagen

El primer paso realizado en la investigación del hongo es la captura de imagen la cual se realiza en el surco de la fresa con la cual se utilizaron cámaras comerciales de celulares. Las imágenes se guardaron en un formato específico el cual fue: JPG debido a que da mayor resolución.

El Cuadro 1 muestra una comparativa de la calidad de megapíxeles que ofrecen las cámaras de diferentes teléfonos comerciales que se usaron.

Marca	Modelo	Cámara
Iphone	5s	8 MP / 1,2 MP
Samsung	Galaxy 5	16 MP / 2,1 MP
LG	G4 Stylus	13 MP / 5 MP

Cuadro 1. Comparación de cámaras en diferentes modelos y marcas de teléfonos utilizados

La Figura 2 muestra una serie de tres imágenes tomadas a fresas directamente desde la parcela con la enfermedad Botrytis en completo desarrollo, la primera captura muestra una porción de la fresa consumida por el moho gris, la segunda captura muestra un avance del 50% en su putrefacción y a su lado un fruto en estado de maduración que puede llegar a contagiarse, y la última imagen representa una cobertura total del fruto con el hongo.



Figura 2. Imágenes tomadas con la enfermedad botrytis

Procesamiento.

Paso 1. La imagen capturada es convertida a escala de grises, esto se realiza porque es mejor trabajar con binarios, 0 y 1 en el lenguaje digital, debido a la menor carga computacional de trabajar con binarios que en imágenes a color. La Figura 3 muestra la imagen cargada y convertida a grises.

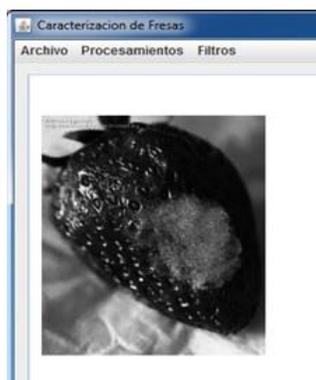


Figura 3. Imagen en escala de grises

Paso 2. Posteriormente se realiza un suavizado para obtener una mejor distribución de píxeles, como se muestra en la Figura 4, eliminando ruido a la imagen por la iluminación externa que no se puede controlar. Para ello se aplicó el filtro de la Mediana, eliminando los picos de intensidad aislados por la máscara de filtrado.



Figura 4. Imagen de la derecha suavizada

Paso 3. Se realiza un mejoramiento de brillo para obtener el umbral óptimo el cual permite trabajar mejor con la imagen reduciendo partes oscuras y aclarando las zonas que así lo requieran. La figura 5 contiene el umbral de 96 en una escala de 0 a 255, adquiriendo un color blanco que enfoca el fruto y el hongo.

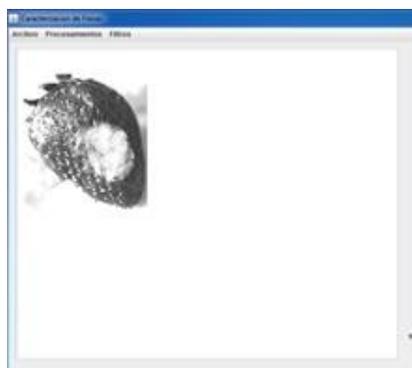


Figura 5. Umbral óptimo

Caracterización.

La selección de características es una tarea muy común en el reconocimiento de patrones, especialmente en los casos en los que el número inicial de características es alto. Hay varias razones para realizar la selección de características. Con menos características, el proceso de aprendizaje es más rápido y las capacidades de generalización mejoran (Arroyo *et al.*, 2010).

En este caso la selección de características es un paso esencial para disminuir el tiempo de ejecución del sistema, ya que servirá para identificar el hongo. Las extracciones de las características se obtienen a través de sus propiedades externas como son color y textura.

Característica de color.

Para la caracterización de color se usó el crecimiento de regiones por agregación de pixel, el cual es un procedimiento que agrupa píxeles o subregiones dentro de regiones más grandes. La sencillez de este método radica en la agregación de píxeles, que comienza con un conjunto de puntos llamados generadores a partir de los que van creciendo las regiones al agregar a cada uno de estos puntos los píxeles próximos que tienen propiedades similares como es el nivel de gris. La forma en cómo se obtiene esta característica es fijando un umbral T y calculando la diferencia absoluta en el nivel de gris (González y Woods, 1987) Esto con la finalidad de encontrar el área en cuestión que representa el hongo.

Característica de textura.

Para la obtención de la característica de textura aplicada a las imágenes de fresas se centró en el análisis de la suavidad y homogeneidad en la distribución de la intensidad del color. En este proceso se llevó a cabo un análisis estadístico utilizando para ello momentos del histograma de nivel de gris de una imagen. Sea z una variable aleatoria que indica la intensidad de una imagen discreta y sea $p(z_i)$, $i=1, 2, \dots, L$ el correspondiente histograma, donde L es el número de nivel de intensidad diferentes respecto a la media está dado por (1) (González y Woods, 1987)

$$\mu_n(z) = \sum_{i=1}^L (z_i - m)^n p(z_i) \quad (1)$$

Siendo m el valor medio de z (la intensidad media), dado por (2)

$$m = \sum_{i=1}^L z_i p(z_i) \quad (2)$$

De esta forma se tiene la posibilidad de identificar color y textura para determinar esta enfermedad.

Caso de Prueba

Para probar esta estrategia se tomaron alrededor de treinta imágenes del fruto que contaban con la enfermedad botrytis y treinta que no contaban con la enfermedad, las cuales fueron capturadas directamente de los surcos de una parcela en la comunidad de Tangancicuaro, Mich. La captura de las imágenes no se hizo en un ambiente controlado. El objetivo de esta muestra es el de probar la técnica propuesta antes mencionada definiendo un caso simple de Procesamiento Digital de Imágenes un entorno de real.

El proceso se hace después de haber capturado las imágenes desde cámaras comerciales de celulares, y de ser cargadas a un sistema desarrollado en Java bajo el IDE Netbeans 8.0., en una aplicación de escritorio, dicha aplicación tiene programados los algoritmos necesarios para realizar cada uno de los pasos de Procesamiento y obtención de características, con la finalidad de que puedan posteriormente clasificarse.

Comentarios Finales

Resumen de resultados

La iluminación y el tipo de cámaras comerciales utilizadas en la captura de la imagen han afectado la captura dentro de un entorno no controlado, además el tener un fruto en estado de maduración cerca de uno con hongo, al obtener el umbral óptimo no es posible realizar la caracterización, ya que la iluminación hace que sea imposible diferenciarlos. El Cuadro 2 presenta un ejemplo de imágenes que fueron llevadas hasta la obtención las características, donde en algunos casos no se pudo obtener la información que se esperaba.

Imagen	Umbral	Caracterización
	100 	No fue posible realizar la caracterización
	140 	Se caracterizo
	96 	Se caracterizo

Cuadro 2. Comparación de imágenes con botrytis

La tasa de comparación de resultados se presenta en el Cuadro 3, de los resultados se observa el porcentaje de imágenes que pudieron llegar hasta la etapa de caracterización de color y textura, aunque en algunos casos se está trabajando para determinar si cuentan o no con la enfermedad.

	Imágenes	
	Con botrytis	Sin botrytis
Crecimiento de regiones por agregación de pixel	85%	15%
Método estadístico	80%	20%

Cuadro 3. Comparación de imágenes con botrytis

Conclusiones

En este documento se presentó una estrategia para caracterización la enfermedad botrytis de la fresa a través de

procesamiento digital de imágenes, que resulta de bajo costo computacional y escalable. Se presentaron los resultados de las pruebas realizadas las cuales señalan que la estrategia es eficaz, pero que aún se deben tomar consideraciones desde la captura de la imagen. Esta investigación permitirá mejorar el reconocimiento de enfermedades en frutos mediante un sistema de visión. Además, este trabajo permite extender a múltiples líneas de trabajo para mejorar lo aquí presentado.

Recomendaciones

Este trabajo tiene un amplio campo de oportunidades, ya que se puede mejorar para ser más eficiente las propuestas aquí presentadas, de las cuales se está trabajando desde la captura de la imagen, además de tomar muestras en entornos controlados, con otro tipo de cámaras y de algoritmos.

Referencias

- Atencio O. Pedro, Sánchez T. Germán. "Enfoque geométrico para la estimación del peso del fruto mango de azúcar mediante procesamiento digital de imágenes" Revista Avances en Sistemas e informática, Vol. 6 no.3, Diciembre de 2009
- García Jayme. "Digital image processing techniques for detecting, quantifying and classifying plants diseases", Barbedo SpringerPlus, 2013
- González Rafael C, Woods Richards E. "Tratamiento digital de imágenes", Addison-Wesley, Segunda Edición, 1987
- Maini Raman, Dr. Himanshy Aggarwal. "Study and Comparison of Various Image Edge Detection Techniques", International Journal of Images Processing, Volume 3, Issue 1, 2016.
- Mishra Alok, Asthana Pallavi, Khanna Pooja. "The Quality Identification of Fruits in Image Processing using MatLab", International Journal of Research in Engineering and Technology, Volume 03, Jun 2014.
- Padrón-Pereira Carlos Alberto. "Procesamiento Digital de Imágenes en Frutos de Semeruco Durante el Crecimiento y Maduración", Revista Científica Electrónica de Agronomía, v.17, n.2, pág. 1-17, 2010
- Pajares, G., y de la Cruz, J. *Visión por computador: Imágenes digitales y aplicaciones*, México: Alfaomega, Ra-Ma, 2008.
- Quispe Rodríguez Ana Milagros, "Detección de colores por procesamiento digital de imágenes en un equipo de selección de frutos", IX Congreso Virtual VUAD y VI Congreso Iberoamericano SOCOTE, Octubre de 2014.
- Sandoval Zulma, Prieto Flavio. "Procesamiento de imágenes para la clasificación de café cereza", Prospectiva Vol. 7, No1, pág. 67-73, Enero-Junio de 2009
- Tonguc Guray, Yakut Ali Kemal, "Fruit Grading Using Digital Image Processing Techniques", Journal of Agricultural Machinery Science, 2009
- Whalley J, Shanmuganathan S. "Applications of image processing in viticulture: A review", 20th International Congress on Modelling and Simulation, Adelaide, Australia, Dec 2013

Notas Biográficas

La **M.C. Ana Celia Segundo Sevilla** es profesor investigador en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora. Terminó sus estudios de Maestría en Ciencias en Ciencias Computacionales en el Instituto Tecnológico de León, Gto. Ana realiza investigación en el área de Procesamiento Digital de Imágenes, para identificación de enfermedades en imágenes tomadas a fresas. Ha publicado en el Academia Journals de Celaya en el 2015.

El **M.C. Aarón Junior Rocha Rocha** es profesor investigador en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora. Terminó su Maestría en Ciencias en el Área de Ciencias Computacionales en el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica, de Puebla, México. Aarón realiza investigación en el área de Inteligencia Artificial e Interacción Humano-Computadora. Ha publicado en el Academia Journals de Colima en el 2015.

El **MSc. Bruno Barboza Orozco** es profesor investigador en el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Zamora. Terminó su Maestría en Human-Centred Interactive Technologies en la Universidad de York, Reino Unido. Bruno realiza investigación en el área de Multimodalidad, Inmersión, Gamificación y Error Humano. Actualmente trabaja en los efectos de distintas formas de interacción multimodal (haptica, visual y auditiva) en la inmersión dentro de ambientes virtuales.