

## **Detección de racimos maduros de jitomate de invernadero mediante procesamiento de imágenes**

ZENA-HERNÁNDEZ, Mario Jared & FITZ-RODRÍGUEZ, Efrén

M. Zena & E. Fitz

Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, km 38.5 carretera México-Texcoco, Chapingo, Estado de México, C.P. 56230, México  
efitzr@taurus.chapingo.mx

F. Pérez, D. Sepúlveda, R. Salazar, D. Sepúlveda (eds.) Ciencias Matemáticas aplicadas a la Agronomía. Handbook T-I.- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México, 2017.

## Abstract

Artificial vision systems in agriculture are increasingly present, as they contribute to automate many of the tasks that are tedious or risky. In controlled-environment agriculture, these systems can be applied either as part of robotic systems for the automation of some crop work or as part of a monitoring system to quantify morphological parameters that aid in management decision making Of the crop. Therefore, it is proposed to develop a system of artificial vision that, in a first stage, with computational algorithms detect the location of mature clusters in greenhouse tomato crops. To develop the algorithms were used images of different tomato crops, taken with a digital pocket camera. Detection was achieved by applying a sequence of image processing algorithms applied to the images. First, the effects of the blue and green color were removed by applying the subtraction  $R - B$ . Second, the image was binarized and the spaces were filled between tomatoes. Finally the centroids and edges were calculated for each cluster, to overlap them in the original image. The resulting system detects ripe tomato clusters in an acceptable manner.

## 8 Introducción

Los investigadores cada vez están más interesados en resolver los problemas de la agricultura en ambientes controlados con la implementación de sistemas robóticos o mecatrónicos, los cuales, se han ido introduciendo en las labores agrícolas en los últimos años. La tendencia indica que la implementación de sistemas automatizados en la agricultura, va en aumento de la misma manera como en la producción industrial (Van Henten EJ 2002).

Uno de los sistemas principales con los que debe de contar un robot en la actualidad es el sistema de visión, el cual acompañado de otro tipo de sensores no ópticos, o por si solo, le brindan al robot información sobre el ambiente de trabajo, permitiéndole realizar más tareas, de forma autónoma y eficiente. Se han hecho algunas investigaciones sobre este tema sin embargo los sistemas propuestos no han cumplido con los requerimientos en cuanto eficiencia y costos (Bac 2015).

El objetivo principal de este estudio, que se plantea a largo plazo, es el desarrollo de un sistema de visión artificial, implementado arquitecturas abiertas (Raspberry Pi2) y cámaras web regulares y con filtros infrarrojos adicionales, y cuyo resultado pueda ser aplicable a productores nacionales. La aplicación resultante tiene dos objetivos específicos:

1. Monitoreo del cultivo, maduración de los frutos y estimación de rendimientos.
2. Localización de los frutos para la posterior cosecha robotizada.

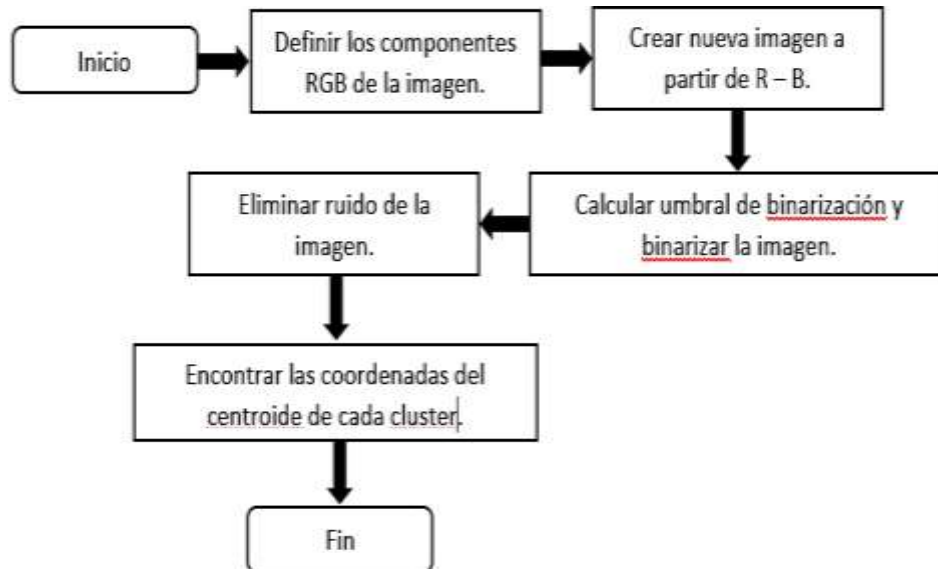
El problema de identificación de racimos resulta complejo, puesto que, el entorno donde se encuentran, presentan escenarios diferentes y condiciones variantes en cada instante, resultando en ambientes no estructurados. Aunado a esto la forma, tamaño, color y textura de los racimos presentan una gran variación incluyendo a otros componentes (como hojas, tallos, y materiales de manejo del cultivo) que obstruyen el objetivo a detectar.

Por lo tanto la solución propuesta en este artículo consiste en un sistema de procesamiento de imágenes simple, capaz de identificar racimos de jitomates maduros.

## 8.1 Materiales y métodos

La primera etapa del desarrollo del sistema de visión artificial, se enfocó en la definición de los algoritmos necesarios para el procesamiento de imágenes (Figura 8). En este caso solo se implementaron métodos en el espacio de colores RGB. Sin embargo, en un futuro se implementaran otros espacios como el HSV tal cual lo proponen otros autores (Arefi A 2011).

**Figura 8** Diagrama de flujo del procesamiento de imágenes



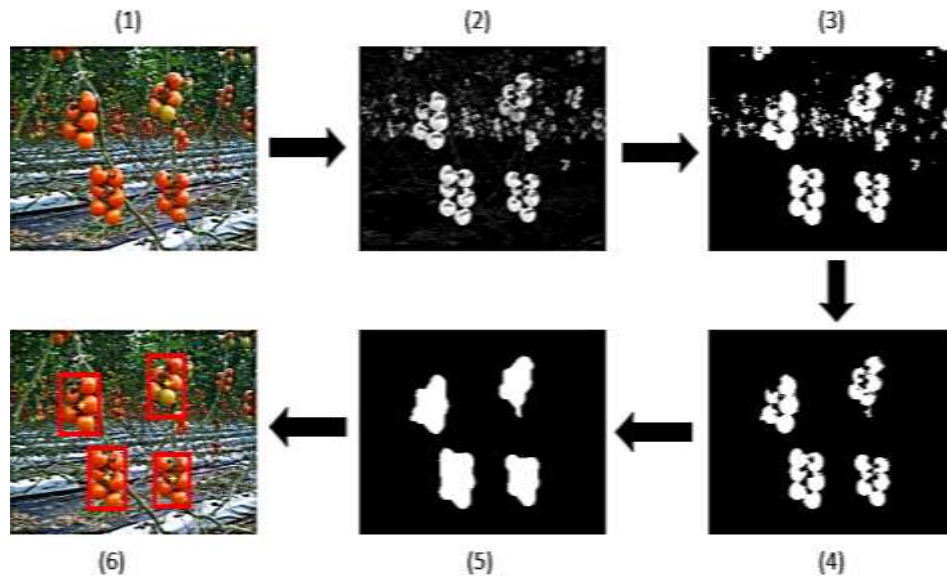
El resultado de cada uno de los pasos implementados, definidos en el algoritmo anterior se observa en cada una de las imágenes de la Figura 8.1.

## 8.2 Adquisición de imágenes

Se obtuvieron imágenes digitales de cuatro cultivares diferentes de jitomate, bajo diferentes escenarios donde se las condiciones de luz así como también la distancia y ángulo de adquisición eran diferentes. Se analizaron las imágenes y se seleccionaron 15 para realizar las pruebas correspondientes del algoritmo.

En esta etapa, se utilizó una cámara digital de bolsillo para tomar las imágenes de diferentes cultivos de jitomate. Los algoritmos de procesamiento de las imágenes se implementaron en Matlab® y con la herramienta de Image Processing Toolbox™ (MathWorks®, Natick, MA, USA).

**Figura 8.1** Algoritmo de procesamiento de imagen para detección de racimos. 1) Imagen adquirida, 2) Sustracción de colores ( $R - B$ ), 3) Binarización de imagen a partir de un umbral definido, 4) Filtrado de ruido por eliminación de áreas pequeñas, 5) Unificación de racimos completos y cálculo de centroides y 6) ubicación de centroides y delimitación de racimos identificados en la imagen original

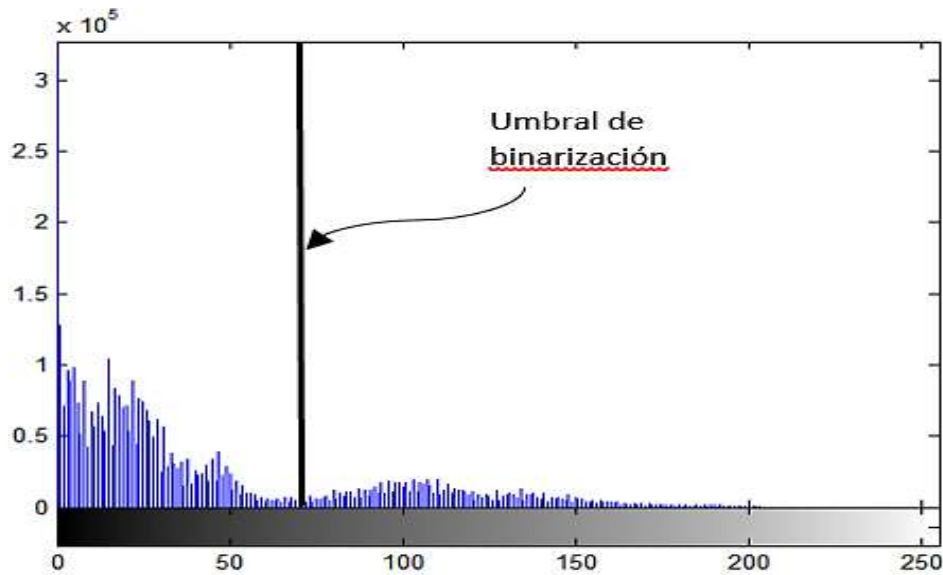


La binarización de la imagen (algoritmo 3 y Figura 8.1 (3)) se realizó a partir de un umbral predeterminado (Gráfico 8) que se definió a prueba y error, con el cual se podía discriminar zonas con una mayor concentración de blancos y que se refleja en donde están agrupados los jitomates, en este caso los racimos.

### 8.3 Resultados y discusión

El algoritmo se puso a prueba con 20 imágenes en bajo diferentes escenarios. De estas, se lograron detectar 34 de un total de 39 racimos en todas las imágenes, resultando en un 87.2% de éxito en la detección de racimos (Tabla 8 y Figura 8.2).

**Gráfico 8** Histograma correspondiente a la imagen  $R - B$ , la línea muestra el umbral local de binarización



**Tabla 8** Evaluación del algoritmo de procesamiento de imágenes

Racimos detectados	34/39	87.2%
Racimos detectados parcialmente	13/34	38.2%
Racimos no detectados	4/39	10.3%
Falsos racimos detectados	13	

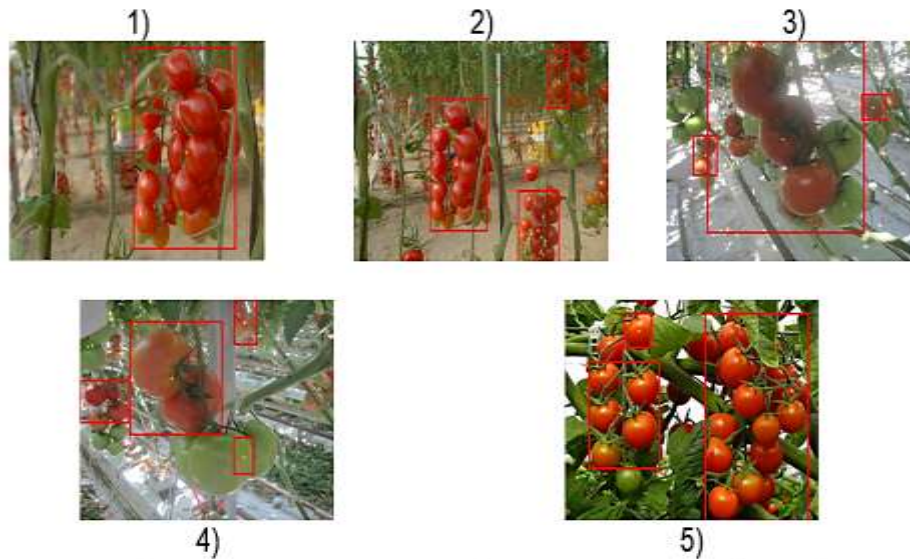
#### 8.4 Conclusiones y recomendaciones

El algoritmo detectó un 87% de los racimos presentados en las imágenes digitales. Estos se separaron del fondo y se calcularon los centroides y los bordes de frontera y posteriormente sobrepuestos en la imagen original. Con las imágenes de prueba fue posible observar que en algunos casos los racimos fueron detectados solo parcialmente, debido a la falta de maduración de algunos de los jitomates que los componen. Este problema no se puede resolver por medio de un algoritmo que trabaje solo con el espacio RGB sino que esto implica el uso de otros espacios de color como el HSV o algoritmos para medir la forma de los racimos, la textura y el radiación que emiten, parámetros que pueden ser cuantificados por medio de la visión artificial.

Para mejorar este algoritmo se deben implementar las siguientes acciones:

1. Realizar un algoritmo de procesamiento para cada variedad de jitomate.
2. Programar umbrales automáticos por medio de histogramas y regiones de píxeles, tanto como para eliminar el ruido como para realizar las conexiones de píxeles de un jitomate y de otro.
3. Además de la detección de color, agregar la detección de forma y textura de los jitomates para tener más argumentos de decisión.
4. Utilizar una cámara infrarroja que proporcione información sobre la temperatura de los frutos.

**Figura 8.2** Resultados de la prueba del algoritmo. 1) Racimo correctamente detectado. 2) Racimos no detectados debido a su pequeño tamaño. 3) Racimos adyacentes o traslapados que se detectaron como uno solo. 4) Falsa detección de racimos. 5) Detección parcial de racimos debido a hojas o tallos que los cubrían



## 8.5 Referencias

Arefi A, Modarres MA, Mollazade K, Farrokhi TR. "Recognition and Localization of Ripen Tomato based on Machine Vision." *AJCS*, 2011: 5:1144-1149.

Bac, C. Wouter. *Improving obstacle awareness for robotic harvesting of sweet-pepper (Published PhD thesis)*. Wageningen: Wageningen University, 2015.

Rong X, Huanyu J, Yibin Y. "Recognition of Clustered Tomatoes based on Binocular Stereo Vision." *Computers and Electronics in Agriculture*, 2014: 106:75-90.

Van Henten EJ, Hemming J, Van Tuijl BAJ, Kornet JG, Meuleman J, Bontsema J, Van Os EA. "An Autonomous Robot for Harvesting Cucumbers in Greenhouses." *Autonomous Robots*, 2002: 13:242-258.

Wei X, Jia K, Lan J, Li Y, Zeng Y, Wang C. "Automatic Method of Fruit Object Extraction under Complex Agricultural Background for Vision System of Fruit Picking Robot." *Optik*, 2014: 5684-5689.

Yamamoto K, Guo W, Yoshioka Y, Ninomiya S. "On Plant Detection of Intact Tomato Fruits Using Image." *Sensors*, 2014: 14:12191-12206.