

Visión Artificial como Alternativa para la Gestión de Calidad en la Comercialización del Banano Cavendish en su Etapa de Post-Cosecha

Autor: Brian Nieto ¹, Estudiante de Licenciatura en Ingeniería en Sistemas y Computación, Mentor: Kexy Rodriguez, Ingeniero en Sistemas Computacionales
Universidad Tecnológica de Panamá, Panamá, brian.nieto1@utp.ac.pa

Abstract– In the following article, it present a fact study of a project that we have in progress. Actually, the technologies focused on improving the production and quality of the organic food, which is a really essential part of it industry. However, this technology is not capable of penetrating to the phase of post-harvest procedures, especially in the small and medium merchandisers. Therefore, they have a lot of economic losses in industrial countries such as developing countries. The most important companies can buy expensive technologies to solve their problems, while the companies with less resources can't do that. That is why we think is necessary the develop a low cost solution that can measure the maturation level of the post-harvest fruit without incisions; is here when we see the Computer Vision as alternative. It is an Artificial Intelligence branch, but working alone and without previous studies of one particular fruit, it can't be efficient. So, is necessary limit the investigation and focus on a viable context, consequently we decide to put our attention in the Banana Cavendish. Likewise the study of how ambiental variables like temperature and humidity affect this fruit could play an important role in making a solid base for developing a more robust, viable and economically convenient Computer Vision system.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los temas relacionados al sector alimentario son centro de múltiples investigaciones a nivel mundial, ya que es considerado de los de mayor prioridad en el campo científico. Desde la siembra hasta la post-cosecha se han desarrollado nuevos métodos y mecanismos para mejorar la calidad, cantidad y durabilidad de los alimentos sobre todo los de origen vegetal como las frutas y verduras. Para dar con estos mecanismos, disciplinas como la robótica están colaborando en las tareas de cosecha trabajando con alta precisión [1] y la inteligencia artificial está aportando sobre todo a la gestión de la calidad del producto, utilizando métodos de análisis de datos a través de distintos sensores, garantizando la calidad del producto en una empresa. Es decir, que más que un lujo, la implementación de sistemas inteligentes se ha vuelto parte indispensable dentro de esta industria [2].

El uso de estas tecnologías durante la siembra y la cosecha es indiscutible, pero existe una parte muy importante que ha sido algo descuidada por parte de algunas distribuidoras de alimentos y que afecta primordialmente a los comerciantes de pequeñas y medianas empresas, y es la

post-cosecha. A esta se le dividen en dos (2) procesos fundamentales: desde el punto de vista agrícola en el tratamiento del suelo luego de que este se coseche, y desde el punto de vista comercial, como lo son la distribución y el almacenamiento [3]. En este último, como bien lo menciona la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) el 40% de las pérdidas y desperdicios de alimentos en los países en vías de desarrollo ocurren en la fase post-cosecha o en la de elaboración, mientras que en los países algo más desarrollados, este 40% ocurre a nivel de ventas al por menor [4], es decir, en comerciantes más artesanales. Estas cifras resaltan la necesidad que tiene la sociedad en incluir tecnologías derivadas de la disciplina de inteligencia artificial para mejorar la conservación de los alimentos. No obstante, métodos utilizados por empresas grandes conllevan a grandes costos, tanto económicos como computacionales por la complejidad de algoritmos de redes neuronales, o aprendizaje automático. Sin embargo, existen las herramientas para disminuir los costes, sin disminuir la fiabilidad, y es el caso de la implementación de sistemas de Visión Artificial en conjunto con el estudio de la influencia de variables ambientales como las temperatura y la humedad.

A. Visión Artificial

La Visión Artificial se puede definir como la rama de la Inteligencia Artificial que se dedica a la captación, procesamiento y memorización de información obtenida a través de imágenes digitales, sea en tiempo real o mediante imágenes previamente capturadas, utilizando los resultados de dichos análisis para desencadenar acciones u otros procesos [5]. Esta necesita de modelos matemáticos para analizar los píxeles capturados utilizando aspectos como la saturación, profundidad y valor, además de niveles de grises para así encontrar características específicas dentro de las imágenes o videos [5]. Al utilizar librerías especializadas de código abierto y lenguajes como Python o C++ para su desarrollo, conduce a un menor coste, tanto en lo computacional como en lo presupuestario.

Como el sistema de Visión Artificial se encarga de analizar las propiedades ópticas, será necesario que el alimento a estudiar tenga una correlación entre su nivel de maduración y su color superficial, descartando la posibilidad

de aplicar este método con vegetales o legumbres, que son más difíciles de medir su condición, dejando como candidato directo para el estudio a las frutas, ya que estas en su mayoría reflejan en la superficie de su cáscara cambios de pigmentación dependiendo de la etapa de maduración en que se encuentren.

Naturalmente los frutos maduran cuando incrementa el etileno, una hormona que se produce en el proceso de maduración, el cual provoca cambios en la pigmentación y firmeza del fruto [6]. Mediante este método, también se han creado sensores especiales para medir el nivel de maduración, pero sus costos son considerablemente más altos.

B. Estudios Relacionados

Ya se han hecho estudio similares, por ejemplo el realizado por José Alberto Narváez y Caren Medina Arcia de la Corporación Universitaria del Caribe (CECAR) titulado: “Diseño de un Sistema que determine la Madurez del Mango Hilacha, Usando Visión Artificial”, en el cual utilizando la norma técnica NTC5139 determinaron seis (6) etapas de maduración del mango que tomaron como base para desarrollar el sistema de Visión Artificial y determinar en qué etapa de la maduración estaba el fruto de manera automática [7].

Esto demuestra que el uso de la tecnología es viable, pero que para obtener resultados confiables es necesario hacer un estudio previo para establecer las bases de la forma más sólida posible. Es por eso, que al complementar el sistema de visión con un estudio a partir de sensores utilizando un microcontrolador, tomando en cuenta las variables más fáciles de controlar para los comerciantes como lo son la temperatura y la humedad es posible desarrollar un prototipo más robusto.

C. Delimitación

A pesar de que la mayoría de los frutos reflejan su nivel de maduración en la cáscara, no todos lo hacen de la misma forma, ni con el mismo patrón y muchos su demanda en el mercado es muy baja o solo se cultivan en una estación determinada, por lo que realizar un estudio sobre estos tendría un impacto menor para la sociedad en general. Tomando en cuenta estas características y el contexto que significa Panamá como país de clima tropical, una alternativa viable es el estudio del banano común.

D. Contexto panameño

Panamá, por su ubicación geográfica tiene una gran ventaja en la producción de frutas tropicales como la Musa Acuminata conocida como: Banana Cavendish, por lo que, a lo largo de la historia de la república, se han dedicado zonas

extensas, en las provincias de Bocas del Toro y Chiriquí principalmente, a la producción y exportación de este fruto. Aunque en las décadas del 60 la industria sufrió una crisis por la aparición del Mal de Panamá (un hongo que ataca el tallo bananero afectando la producción de bananos) y porque la oferta mundial era mucho mayor a la demanda [8], los productores siguieron cultivándolo para el consumo local, tanto para cadenas de supermercados, como para el mercado de abastos. Cuando las actividades son de esta magnitud es necesario llevar una trazabilidad, que describa los procesos por los cuales ha pasado la fruta post-cosecha antes de llegar al mercado. No obstante, estos estándares se llevan a cabo en su mayoría para las exportaciones o dentro de empresas grandes, por lo que los pequeños comerciantes, tienen poca información para la toma de decisión sobre el cuidado del mismo (principalmente la temperatura y humedad adecuada que debe estar este fruto), trayendo consigo pérdidas a nivel económico para la empresa, por el corto periodo de vida que le queda al fruto para su consumo al momento en que llega al establecimiento y por la mala manipulación del mismo.

En muchos casos, los dueños y consumidores por experiencia pueden determinar el nivel de maduración del fruto, pero no con mucha exactitud. Mucho menos pueden predecir en qué condiciones debe tenerla para retardar su maduración y que sea comestible durante un periodo de tiempo más largo.

Esto, sumado a que la subsidiaria en Panamá de la compañía Del Monte planea hacer una inversión de alrededor de 100 millones de dólares para la reactivación de la producción de banano con fines de exportación dentro del país, sembrando en su primera etapa en 970 hectáreas de las 4 mil que obtuvo mediante el contrato con el gobierno de la república. Este proyecto daría inicio en el mes de mayo del 2018 [9].

Por consiguiente, la oferta del Banano Cavendish dentro del país aumentaría, afectando sobre todo a los pequeños y medianos comerciantes cuyos productos no pasan por procesos rigurosos por lo que son considerados de menor calidad. Sin embargo, con la implementación de un sistema de Visión Artificial robusto que le permita determinar el nivel de maduración de la fruta y le provea de recomendaciones para su conservación puede nivelar la competencia en el mercado y disminuir las pérdidas económicas y alimenticias.

II. METODOLOGÍA

Para este proyecto se tomó la Visión Artificial como tecnología para determinar el nivel de maduración del Banano Cavendish, la visión artificial cuenta con múltiples métodos, incluso para un mismo fin, pero lo que todos estos tienen en común es su base matemática, trabajando principalmente con matrices y vectores, junto con las operaciones que con estos se pueden realizar como la convolución, el cálculo de la gradiente y derivadas.

En tareas como la detección de objetos se ha determinado una serie de procesos clave para desarrollar este tipo de sistemas.

En el proceso de “Extracción de características” se determinan aquellas características (valga la redundancia) con las que cuenta la imagen, como el color, el nivel de iluminación, entre otros. En la “Generación de candidatos” se obtienen aquellos grupos de píxeles que son candidatos para formar parte del análisis, de igual forma se pueden obtener otros objetos que posteriormente se vayan a descartar.

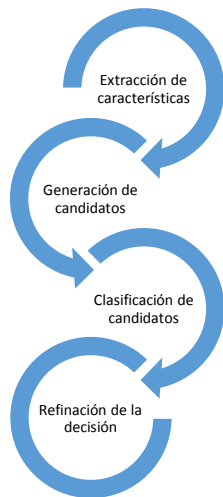
Cabe señalar que las fases de “Extracción de características” y “Generación de candidatos” pueden invertirse entre sí, es decir, que un sistema puede comenzar con la generación de candidatos para luego continuar con la extracción de características.

Cuando se realiza la “Clasificación de candidatos”, se determinan aquellos grupos de píxeles que son de interés para el sistema, y se extraerán como parte del análisis.

Para finalizar, en la “Refinación de la decisión” se determinan las acciones o eventos que se llevarán a cabo al obtener los resultados del análisis de la imagen

El diagrama N°1 muestra de una forma más gráfica los procesos mencionados anteriormente:

Diagrama N°1: Esquema general para la detección de objetos [10]



a. Análisis de imágenes digitales

Dentro de la extracción de características es necesario filtrar los ruidos que esta puede tener. El ruido en una imagen se define como defectos en la tonalidad o la luminosidad que presenta una imagen digital. Este puede darse por diversas causas como defectos en la cámara, movimiento al momento de la captura, pobre procesamiento de la imagen, entre otros [11]. Uno de los filtros más usados es el “filtro Gaussiano” [12] en el que el valor máximo aparece en el píxel central y disminuye hacia los extremos y se mueve más rápido en

cuanto menor sea el parámetro de desviación típica (s), dando como resultado un conjunto de valores entre 1 y 0. La fórmula matemática (1) utilizada fue:

$$g(x,y) = e^{-\frac{x^2+y^2}{2(s^2)}} \quad (1.1)$$

$$G(x,y) = \frac{g(x,y)}{\min_{x,y}(g(x,y))} \quad (1.2)$$

Otra técnica de gran utilidad es la detección de colores. En general, los formatos de imágenes digitales se manejan en RGB, que significan “Red, Green, Blue” (Rojo, Verde, Azul), con el cuál se presenta cada pixel con un valor de 0 – 255 en cada una de estas máscaras. Sin embargo, para hacer un mejor análisis de imágenes se convierte al formato HSV, con el cual se puede realizar una segmentación más eficiente ya que incluye en sí mismo condiciones de luminosidad e intensidad de color [13]. Ya en este punto se realizan diversas operaciones morfológicas, para las cuales primero se determinan los valores mínimos y máximos del espectro que se quiere analizar, para luego crear una máscara tomando estos valores junto con la imagen en HSV [14]. Para realizar operaciones morfológicas como apertura, cierre, dilatación o erosión, es necesario contar con un kernel, que es una pequeña matriz con la que se va a convolucionar la imagen para poder realizar cualquiera de las operaciones ya mencionadas [15]. Así como estos, existen muchas otras metodologías y algoritmos que buscan aprovechar la capacidad computacional actual y los diversos modelos matemáticos para desarrollar sistemas de Visión Artificial.

b. Tipos de iluminación

Para que un sistema de Visión Artificial funcione de la mejor manera, uno de los aspectos más importantes es la iluminación, ya que si esta no es lo suficientemente buena se dificultará el manejo de las imágenes. Para esto se estila utilizar tres (3) distintos métodos de iluminación que son: la directa, indirecta o posterior. En las figuras 1 - 3 podrá apreciar cómo se realizan estos tipos de iluminación [16].

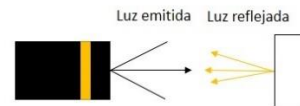


Figura N°1: Iluminación directa: la luz emitida rebota directamente en el objeto

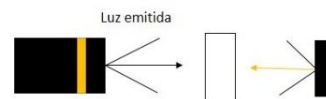


Figura N°2: Iluminación Posterior: la luz emitida rebota en una superficie detrás del objeto, para iluminarlo desde su lado posterior

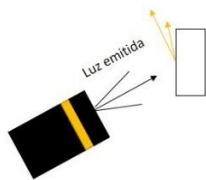


Figura N°3: Iluminación Indirecta: la luz emitida rebota de forma angular al objeto. Existen otras variaciones en las que el haz de luz rebota en otras superficies antes de llegar a la zona frontal del objeto.

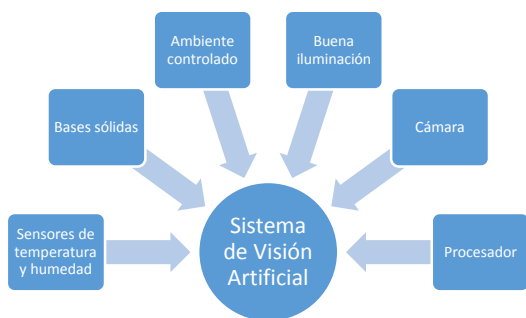
De esta manera será mucho más fácil el análisis de la imagen, ya que de encontrarse muchas sombras será necesario utilizar algoritmos de pre-procesamiento antes del análisis de la imagen, lo que implicará más costo de desarrollo y más costo computacional.

A. Sensores

Los sensores son herramientas que permiten detectar acciones o medir estímulos externos [17], los cuales pueden generar datos que pueden ser posteriormente analizados por un microcontrolador. Un sensor bastante común es el de temperatura y humedad ambiental, ya que permite desarrollar investigaciones que utilicen estas variables sin necesidad de una gran inversión.

B. Propuesta de Arquitectura

Diagrama N°2: Con qué debe contar un Sistema de Visión Artificial para que sea eficiente para una investigación de este tipo



Los sensores, en este caso de temperatura y humedad, se utilizarán para determinar la base del sistema en cuanto al comportamiento del Banano Cavendish en su proceso de maduración al someterse a variaciones en estas variables.

Las bases sólidas, además de incluir el estudio con los sensores, incluirá referencias acerca de investigaciones desarrolladas que hayan tenido como foco el proceso de

maduración del banano y las propiedades ópticas que presenta.

Para que el sistema sea más eficiente, es necesario que las imágenes digitales se obtengan en un ambiente controlado, de preferencia estático y con un fondo que presente un contraste con las posibles coloraciones que pueda adoptar el banano. También es necesario una buena iluminación, para que se pueda apreciar de mejor forma el color que presente la fruta al realizar el análisis.

En el caso de la cámara, es preferible que sea de buena calidad, pero no es necesario utilizar una cámara profesional para el proceso. En cuanto al procesador, es posible utilizar una laptop o computadora en general, pero también es posible hacer la implementación sobre un microcomputador.

III. CONCLUSIÓN

Las grandes empresas tienen el recurso tecnológico para la producción de frutas y verduras de alta calidad en cada una de las fases de sus procesos, desde la siembra hasta su cosecha. Las grandes cadenas de supermercado y distribuidoras tienen los recursos para conservar frutos como el Banano Cavendish en condiciones estables, además de que pueden adquirir más fácilmente sensores que midan el nivel de etileno, controlar las condiciones en que es almacenado u otros métodos de análisis del fruto en su periodo post-cosecha. Sin embargo, el pequeño y mediano comerciante se queda atrás por sus métodos artesanales de hacer las cosas, generando grandes pérdidas tanto económicas como alimenticias. No obstante como existe la tecnología, las metodologías y las técnicas para darle solución a la problemática de la gestión de calidad post-cosecha de un fruto como el Banano Cavendish a un bajo costo y sin tener que introducir dispositivos en el fruto, estamos haciendo realidad esta investigación con el objetivo de generar un impacto tanto social como económico en la comunidad. Este proyecto es de alta viabilidad, ya que no es necesario presupuestos elevados y se puede obtener como producto final un prototipo que sea de ayuda para estas empresas. De igual forma saldrá favorecido el consumidor, que recibirá el producto de una mayor calidad a un mejor precio.

Así como nosotros estamos desarrollando este sistema, es posible desarrollar otros similares utilizando métodos no invasivos como la inspección de las propiedades ópticas a través de la Visión Artificial, y aplicarlo a otras frutas, posiblemente a vegetales, y tal vez hasta en otros alimentos de origen natural.

IV. AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer encarecidamente al Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías de la Información y la Comunicación (CIDITIC) por recibirme en su familia, especialmente a la unidad de Fábrica de Software.

Agradecer también a mi mentor el Ing. Kexy Rodríguez que me está guiando dentro del mundo de la investigación.

REFERENCIAS

- [1 Clarín Rural, «La Inteligencia Artificial, al servicio de la agricultura,» *Clarín Rural*, 15 mayo 2017.
- [2 PMA, «¿QUÉ IMPLICACIONES TIENE LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA INDUSTRIA DE LAS FRUTAS, VEGETALES Y FLORES FRESCAS?,» PMA, 22 mayo 2017. [En línea]. Available: <https://www.pma.com/es/Content/Articles/2017/06/Que-Implicaciones-Tiene-la-Inteligencia-Artificial>.
- [3 M. Grolleaud, «Estudio sintético y didáctico sobre el fenómeno de las pérdidas post-cosecha,» *FAO*.
- [4 FAO, «Desperdicio y pérdida de alimentos: el punto débil en la lucha contra el hambre,» FAO, 13 mayo 2015. [En línea]. Available: <http://www.fao.org/zhc/detail-events/es/c/286573/>.
- [5 Etitudela, «Etitudela,» [En línea]. Available: <http://www.etitudela.com/celula/downloads/visionartificial.pdf>.
- [6 Company, Deere &, «Influencia del etileno en la maduración,» mayo 2017. [En línea]. Available: https://www.deere.com.mx/es_MX/our_company/news_and_media/press_releases/2017/march/influencia-del-etileno.page.
- [7 J. Pérez y M. Caren, Sistema que Determina el Estado de Madurez del Mango Hilachas, Colombia: CECAR, 2017.
- [8 El Capital Financiero, «El fin de una historia,» *El Capital Financiero*, 16 mayo 2011.
- [9 Agencia EFE, «En mayo de 2018 se iniciará la esperada reactivación de la zona bananera de Panamá,» *EFE*, 23 julio 2017.
- [1 Universidad Autónoma de Barcelona, «Detección de objetos,» Barcelona, 2018.
- [1 Guías prácticas.com, «Ruido en la imagen digital,» Guías prácticas.com, 20 marzo 2013. [En línea]. Available: <http://www.guiaspracticas.com/camaras-de-fotos/ruido-en-la-imagen-digital>.
- [1 Universidad de Murcia, «Técnicas de filtrado,» Murcia. 2]
- [1 C. Pérez, Detección y Seguimiento de Objetos por Colores en una Plataforma Raspberry Pi, Madrid, 2016.
- [1 Robologs, «Detectar múltiples colores con OpenCV y Python,» 16 mayo 2016. [En línea]. Available: <https://robologs.net/2016/05/18/detectar-multiples-colores-con-opencv-y-python/>.
- [1 J. Ludwig, Image Convolution. 5]
- [1 «Contaval,» 18 febrero 2016. [En línea]. Available: <http://www.contaval.es/que-es-la-vision-artificial-y-para-que-sirve/>.
- [1 J. Pérez Porto y A. Gardey, «Definición.de,» 2010. [En 7] línea].