

Sistema de inspección de características físicas y externas de piña (Ananas comosus) variedad MD2



Colaboración

Sorelly Ramírez Romero, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan; Miguel Ángel Emilio Jerónimo; PRODICAM SPR de RL; Andrid Guillermo Hernández Ruíz; Jair de Jesús Román Clara, Tecnológico Nacional de México / Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan

Fecha de recepción: 2 de noviembre del 2022

Fecha de aceptación: 14 de diciembre del 2022

RESUMEN: Las redes neuronales artificiales (ANN) y visión artificial aplicadas para el análisis de control de calidad en alimentos, han tenido gran aceptación en los últimos años en la agroindustria, haciendo más eficientes procesos poscosecha. Es por ello que el objetivo de este proyecto fue desarrollar un sistema de inspección de características físicas y externas de piña variedad MD2 basado en redes neuronales artificiales y visión artificial para exportación, fundamentado en normas de calidad e inocuidad nacionales e internacionales. La metodología utilizada fue: análisis de requerimientos, programación y entrenamiento de la red neuronal, predicción, desarrollo de interfaz, y ajustes de los equipos de obtención de datos. Los resultados obtenidos determinan que cumple con los requerimientos encomendados por los dueños de empaques de piña en fresco, los cuales determinaron que el sistema presentado tiene una confiabilidad del 95% en relación con la observación de los operarios.

PALABRAS CLAVE: Piña, agroindustria, redes neuronales, automatización.

ABSTRACT: Artificial neural networks (ANN) and artificial vision applied to food quality control analysis have been widely accepted in recent years in agribusiness, making post-harvest processes more efficient. That is why the objective of this project was to develop an inspection system for the physical and external characteristics of pineapple variety MD2 based on artificial neural networks and artificial vision for export, based on national and international quality and safety standards. The methodology used was: requirements analysis, programming and training of the neural network, prediction, interface development, and adjustments of the data collection equipment. The results obtained determine that it meets the requirements entrusted by the owners of fresh pineapple packaging, who determined that the presented system has a reliability of 95% in relation to the observation of the operators.

KEYWORDS: Pineapple, agroindustry, neural networks, automation.

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de redes neuronales artificiales (ANN) y visión artificial para el análisis de control de calidad en los alimentos han tenido gran aceptación en los últimos años [1]. Dadas las características que presentan estos productos, principalmente las frutas, son variadas las técnicas que se utilizan en cada uno de ellos. Esto conlleva a retos que tienen que ver con volumen de producción, control de calidad en los productos y la automatización en la selección de las frutas.

Los sistemas de redes neuronales artificiales (ANN) y visión artificial, permiten a comercializadores de productos perecederos en

todo el mundo, estandarizar técnicas que le permitan cubrir los requerimientos de sus compradores. Su uso ha sido aplicado obteniendo resultados documentados; por ejemplo, para determinar el índice de color como medida de la vida útil del ajo picado conservado en frío, como producto mínimamente procesado [2], o para la identificación del estado de maduración de Feijoa - *Acca sellowiana* [3]. Este tipo de técnicas mejora la clasificación de las frutas o de todo aquel producto alimenticio que deba cumplir ciertas características físicas de calidad.

México al ser productor potencial de frutas y verduras, no está exento de las exigencias de calidad que debe cumplir al exportar frutas y hortalizas en mercados extranjeros (160 países), entre ellos Estados Unidos, Japón, Canadá y América Latina [4]. De entre las normas que rigen las características de calidad aplicables están las normas internacionales Codex Alimentarius norma elaborada conjuntamente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), así como la norma CODEX para la piña (CODEX STAN 182-1993).

En cuanto a piña tropical se trata, México ocupa el noveno lugar a nivel mundial en producción de piña. En el 2020 ocupó el séptimo lugar en exportación de la misma, con una participación de 1.9% en las ventas de esta fruta [5]. De entre las variedades que se producen en el país, destaca la MD2, la cual tiene una muy buena aceptación en mercados como el estadounidense y el europeo [6]. Tan solo en el año 2020 -2021 su exportación tuvo un incremento del 8.9% [4], en comparación con el año 2019. En contraste con esto, solo cerca del 10% de su producción total logra ser exportada.

El estado de Veracruz es el productor número uno a nivel nacional de esta fruta tropical, seguido de Oaxaca y Tabasco. En él se ubica a los municipios de Juan Rodríguez Clara, Cd. Isla y José Azueta, como los mayores productores del país [7].

La elección de la piña como producto se basó en una justificación de tipo social, ya que dicho producto agroalimentario es cultivado por el 12.8% de los 18,659 productores generales reportados por el censo agropecuario que se llevó a cabo en el 2007, por el INEGI, es decir, 2,386 unidades de producción correspondientes a 8 municipios de la entidad, entre los que se encuentran: Playa Vicente, Isla, José Azueta, Juan Rodríguez Clara, Chacaltianguis, Alvarado, Medellín, Tlalixcoyan. En lo concerniente a número de hectáreas sembradas y cosechadas en el país, estos municipios de la entidad veracruzana aportan el 62.4% de la producción a nivel nacional y el 88.8% a nivel estatal, lo que hace a esta, una de las principales actividades económicas en la región.

El proceso de empaque de la piña en fresco que se observa en la cuenca del Papaloapan, en el estado de Veracruz es el siguiente: Después de su cosecha, se traslada

a centros de empaque donde es lavada, desinfectada y etiquetada, además de ser clasificada de acuerdo a su tamaño y color de forma manual por los trabajadores de estos centros. En este proceso se deposita la confianza en la capacidad del operador para llevar a cabo esta acción, pues la clasificación de tipo visual se basa en comparar la fruta con una imagen proveniente de la norma de calidad que haya solicitado el cliente, lo cual hace del proceso algo subjetivo Figura 1 [8].



Figura 1. Inspección de piña en fresco realizada de forma manual.

En el caso de las redes neuronales utilizadas en general, un proceso de comparación de imágenes, memorizando, procesando e interpretando la información, lo que lo hace un método ideal para la selección de piña MD2 por color, ya que permite identificar un objeto sin haber definido patrones complejos, sino a través del entrenamiento de la red con información suficiente, que le harán capaz de inferir los atributos de ese objeto en estudio. Otra de las características físicas que presenta la fruta, es la irregularidad en su superficie, lo cual dificulta realizar un análisis con otro tipo de técnicas. Es por ello que el objetivo de este trabajo es desarrollar un sistema de reconocimiento de patrones visuales utilizando redes neuronales y visión artificial aplicado a la clasificación de piña variedad MD2 de exportación.

MATERIAL Y MÉTODOS

La vida útil de la piña desde la cosecha hasta su venta es de aproximadamente de 16 días [9], por lo que es necesario la implementación de técnicas que permitan un trata-

miento adecuado, para su posterior traslado a los centros de venta.

Durante el periodo de desarrollo de este proyecto (segundo semestre del 2020) se digitalizaron 500 imágenes de piñas variedad MD2, almacenándose en una base de datos, clasificada por día, en una matriz A, en espacio RGB Figura 2.



Figura 2. Toma de imágenes para base de datos.

Esta base de datos se ha utilizado para entrenar la red basado en el aprendizaje, ajustando los pesos de la red W de manera tal que la salida generada por la ANN sea lo más cercanamente posible a la verdadera salida dada una cierta entrada.

El desarrollo de este trabajo se ha realizado hasta ahora de la siguiente manera:

- Programación y entrenamiento: el lenguaje de programación aplicado para el desarrollo es Python, y para realizar el aprendizaje supervisado, se hace uso de TensorFlow y Keras. TensorFlow indica ciertos parámetros antes de realizar el entrenamiento, se cargan las imágenes y se ajustan parámetros; por ejemplo: se cambian los tamaños, para después agregar una capa (convolucional) y una (maxpooling), esto se realiza para preparar las imágenes antes de la ejecución del entrenamiento, para posteriormente guardar el modelo y el peso del entrenamiento. De acuerdo a la necesidad que presenta el modelo, la clasificación en este sistema sea configurado utilizando la norma PC-029-2005 PLIEGO DE CONDICIONES PARA EL USO DE LA MARCA OFICIAL MÉXICO CALIDAD SUPREMA EN PIÑA, así como la norma "Calidad superior", que es aquella que presenta la mejor apariencia física y que cumple con un proceso de selección muy riguroso (NMX-FF-028-SCFI-2008), misma que establece una clasificación de cinco colores de la fruta para empaque en fresco Figura 3.

Tabla 1. Color externo de la piña.

Rango de Color Amarillo en Cáscara	Código	Nombre Comercial
Inicio de color	0	Sazona
1% - 12%	1	"de ojo"
13% - 37%	2	¼ de color
38% - 62%	3	½ de madurez
63% - 87%	4	¾ de madurez
88% - 100%	5	Madura
100% inician anaranjados	6	sobre-madura

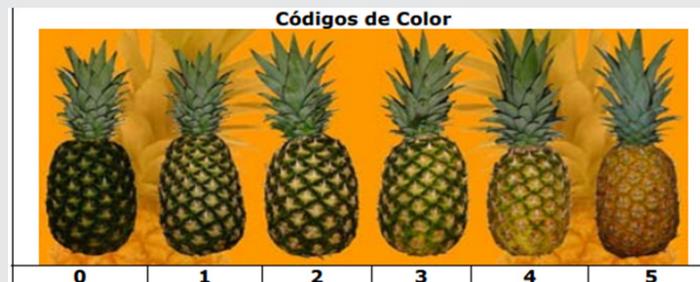


Figura 3. Color externo de la piña. Extraído de NMX-FF-028-SCFI-2008.

Módulos del sistema

Cuerpo de la fruta. Realiza captura la imagen de la piña completa a través de la cámara 1, se aplica una máscara donde se obtiene solo la sección del cuerpo, basado en el rango de color (HSV) [10, 11]. Realizada esta acción, se hace el recorte de la imagen para adquirir el tamaño real del cuerpo.

Corona. De la imagen original y basado en el área del cuerpo de la fruta, se realiza un recorte inverso (solo la corona), colocando una línea guía, para obtener su altura. Así mismo, tomando como referencia el tamaño del cuerpo se compara con la altura de la corona y se determina su relación, que de manera óptima deber ser 1:1. Si este valor estuviera fuera de los límites especificados en el sistema, se mostraría un aviso de rechazo.

Defectos físicos. Utilizando la imagen del cuerpo, se aplica una máscara basada en el rango de color por defecto (para el desarrollo se establece que capa 1 = blanco, capa 2 = café, capa 3 = negro). Se realiza el cálculo del área del cuerpo y se calcula el área de cada defecto identificado de acuerdo a su color, además del porcentaje del defecto, y de acuerdo a parámetros establecidos, muestra un aviso de aceptación o rechazó.

- Predicción: Al realizar el algoritmo de predicción es necesario agregar parámetros que son preestablecidos según la documentación, para lo que es debido indicar la ruta del peso y modelo. Con esto el algoritmo recibe como entrada una imagen X y regresa dependiendo de las características agregadas en el entrenamiento, por ejemplo: asignar las clases de piña en el entrenamiento al momento de predecir esta regresará en valores su predicción 0, 1, 2, 3 o 4.

La interfaz desarrollada muestra dos botones (guarda y predice) que se activan con la carga de la imagen del

dispositivo utilizado Figura 4, mostrando un recuadro que indica la categoría de la piña analizada Figura 5.

los cuales determinaron que el sistema presentado tiene una confiabilidad del 95% en relación con la observación de los operarios.

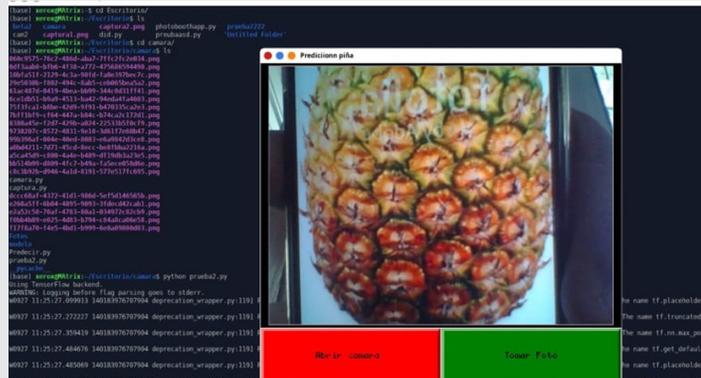


Figura 4. Interfaz.

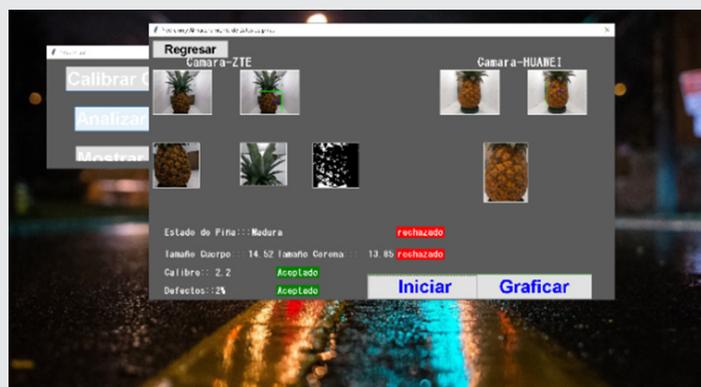


Figura 5. Ventana de resultados del análisis.

RESULTADOS

El desarrollo del sistema se encuentra en fase de programación, ya que para entrenar la red se requiere de una cantidad considerable de imágenes de piña, mismas que deberán ser adquiridas en las empresas de empaque de la región productora, tomando en cuenta la eliminación máxima del ruido de la imagen.

La adquisición de imágenes en tiempo real se hará por medio de dos cámaras digitales, que están montadas sobre una recámara con dimensión 60 cm x 30 cm x 32 cm, pintada en negro y el fondo de coloración blanca, con dos lámparas alógenas que le proporciona iluminación y evitan la sombra sobre la fruta. Estas imágenes también se utilizarán para seguir alimentando la red y generar a su vez una mayor precisión en la selección de fruta.

Por el momento, el prototipo para la fase de prueba se ha desarrollado con materiales caseros Figura 6, ya que no se cuenta con financiamiento para su desarrollo.

Los resultados obtenidos con base en las pruebas, determinan que cumple con los requerimientos encomendados por los dueños de empaques de piña en fresco,



Figura 6. Prototipo.

CONCLUSIONES

La capacidad de análisis que tienen las redes neuronales artificiales está basada en la capacidad de aprender a partir de un conjunto de patrones de entrenamientos, es decir, es capaz de encontrar un modelo que ajuste los datos, permitiendo así, que al analizar cada una de las piñas objeto de estudio, vaya creando una precisión cada vez mayor, que permitirá al productor, satisfacer de mejor manera las especificaciones marcadas por los clientes.

Este proyecto como idea de desarrollo, cubre una necesidad que se presenta en el estado de Veracruz, donde los empaques de piña en fresco carecen de sistemas automatizados para clasificación, aun siendo el estado número uno en producción de esta fruta tropical. Como aportación colateral, el beneficio de este proyecto se enmarca en el desarrollo económico de una región productora de esta fruta que sostiene a México en el noveno lugar en su producción a nivel mundial.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] D. W. Sun, Computer vision technology for food quality evaluation, London: ELSEVIER, 2016.
- [2] L. A. Vignoni, R. M. Césari, M. Forte y M. L. Mirábil, «Determinación de Índice de Color en Ajo Picado,» Información tecnológica, pp. 63-67, 2020.

[3] J. y. P.-O. F. Bonilla-González, «Determinación del estado de maduración de frutos de feijoa mediante un sistema de visión por computador utilizando información de color.», REVISTA DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO E INNOVACIÓN, 2020.

[4] Mundi, «EXPORTACIÓN ¿Cuál es el panorama de la exportación de frutas en México?», 11 12 2021. [En línea]. Available: <https://mundi.io/exportacion/exportacion-frutas-mexico/>. [Último acceso: 07 10 2022].

[5] S. D. A. Y. D. R. SADER, «México, séptimo exportador mundial de piña», Sistema Integral de Comunicación, 11 noviembre 2021. [En línea]. Available: <https://prod.senasica.gob.mx/ALERTAS/inicio/pages/single.php?noticia=12713#:~:text=Con%20un%20volumen%20promedio%20de,reina%20de%20las%20frutas%20tropicales..> [Último acceso: 28 octubre 2022].

[6] C. Martner, «Cadenas logísticas de exportación de frutas y desarrollo local en el sureste de México», Revista EURE - Revista De Estudios Urbano Regionales, vol. 32, nº 97, pp. 63-80, 2014.

[7] (. d. I. A. y. P. SIAP, «Datos estadísticos de la producción agrícola generada a nivel nacional», 2021. [En línea]. Available: <https://datos.gob.mx/busca/dataset/datos-estadisticos-de-la-produccion-agricola-generada-a-nivel-nacional>.

[8] N. Z. Sandoval y F. A. Prieto Ortiz, «CARACTERIZACIÓN DE CAFÉ CEREZA EMPLEANDO TÉ CARACTERIZACIÓN DE CAFÉ CEREZA EMPLEANDO TÉ EMPLEANDO TÉCNICAS», Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín, pp. 4105-4127, 2007.

[9] I. I. d. C. p. I. A. (IICA), Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Ag, Fondo Simón Bolívar y M. Guido, La piña, Nicaragua: IICA, 1983.

[10] S. Cubero García, Diseño e implementación de nuevas tecnologías basadas en visión artificial para la inspección no destructiva de la calidad de fruta en campo y mínimamente procesada, 2012.

[11] F. García Lamont, J. Cervantes, A. López Chau y M. Alvarado, «Fruit Classification by Extracting Color Chromaticity, Shape and Texture Features: Towards an Application for Supermarkets», IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, pp. 3434-3443, 2016.