EIEI ACOFI 2025
5º Congreso Latinoamericano de Ingeniería
Más Información: www.acofi.edu.co/eiei
Ingeniería de impacto para cuidar y transformar la vida
ACOFI: 50 años por la excelencia de la educación en ingeniería.

Extracción de características de asimetría, borde, color y diámetro en epidermis vegetales para la clasificación de tubérculos

Francisco Javier Carreón, David Asael Gutiérrez Hernández, Raúl Santiago Montero, Víctor Manuel Zamudio Rodríguez, Carlos Lino Ramírez

Tecnológico Nacional de México campus León
León Guanajuato, México

Resumen

El presente trabajo propone una metodología para la extracción de características visuales en puntos presentes sobre la epidermis de tubérculos, específicamente en papas, con el fin de clasificarlos en función de cuatro descriptores: Asimetría, Borde, Color y Diámetro (ABCD). El proceso inicia con la captura de imágenes de alta resolución, seguido de una etapa de preprocesamiento que incluye la extracción de fondo y la aplicación de filtros binarios para aislar los puntos de interés. A partir de las imágenes segmentadas, se construye una base de datos con los valores numéricos de cada descriptor, permitiendo su posterior análisis y clasificación. Esta metodología sienta las bases para el entrenamiento de modelos de aprendizaje automático que podrán automatizar la detección y clasificación de estos puntos, contribuyendo así al control de calidad y diagnóstico visual en productos agrícolas.

Palabras clave: visión por computadora; procesamiento de imágenes; clasificación de tubérculos; aprendizaje automático; características ABCD

Abstract

This work presents a methodology for extracting visual features from points located on the epidermis of tubers, specifically potatoes, in order to classify them based on four descriptors: Asymmetry, Border, Color, and Diameter (ABCD). The process begins with the acquisition of high-resolution images, followed by a preprocessing stage that includes background removal and the application of binary filters to isolate the regions of interest. From the segmented images, a structured database is built containing numerical values for each descriptor, enabling subsequent analysis and classification. This methodology lays the groundwork for training machine learning models capable

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4748

of automating the detection and classification of these points, thus contributing to quality control and visual diagnosis in agricultural products.

***Keywords**: computer vision; image processing; tuber classification; machine learning; ABCD features*

1. Introducción

La epidermis de la papa es una estructura compleja que puede ofrecer información muy valiosa sobre el estado y la salud del estado de la planta. Las manchas tipo lunares que se encuentran en la superficie de la papa son un rasgo distintivo y bastante variable; pues pueden presentar variaciones, ya sea en tamaño, forma, color o distribución. Las características de la planta pueden ser una señal del tipo de factores patológicos, ambientales o genéticos que afectan a la planta (Vinueza et al., 2023).

La obtención de características de la epidermis de la papa es posible y se hace mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes o visión artificial. En este sentido, el uso de una Raspberry Pi con cámara puede ser una técnica de gran valía para la obtención y análisis de imágenes de la epidermis.

En este trabajo también se propone el uso de técnicas de procesamiento para la obtención de características de asimetría, borde, color y diámetro, que son los que deberían destacar las manchas tipo lunares. Estas características son un recurso para clasificar los tubérculos en función de su calidad y salud. La aplicación de estas técnicas puede ser una herramienta no invasiva y muy útil para la obtención del estado de salud de la papa, lo que sería de gran utilidad para los productores y los comercializadores del cultivo de la papa.

2. Estado del Arte

En los últimos años, el uso de procesamiento digital de imágenes y técnicas de aprendizaje automático ha evolucionado considerablemente, permitiendo su aplicación en áreas como la medicina, el monitoreo ambiental y, más recientemente, en la agricultura de precisión. Estos avances han facilitado el desarrollo de sistemas inteligentes capaces de analizar imágenes para detectar patrones visuales complejos, como los que se encuentran en la epidermis de tubérculos, permitiendo la clasificación de puntos con base en características como asimetría, borde, color y diámetro.

(Cruz-Parada et al., 2018) ha realizado diversas contribuciones en el área del procesamiento de señales e imágenes. En uno de sus trabajos más relevantes, se analiza el comportamiento no lineal de señales a través de técnicas de segmentación, las cuales son aplicables a la delimitación de estructuras irregulares en imágenes de tubérculos. Además, ha participado en propuestas metodológicas para el reconocimiento de patrones en entornos médicos, utilizando visión por computadora y extracción de características para la identificación de señales biomédicas, un

enfoque directamente transferible al reconocimiento de patrones visuales en plantaciones (Sangama Vela, 2023).

Por su parte, (Cruz-Parada et al., 2018) ha participado en investigaciones que integran modelos de análisis de comportamiento con tecnologías de visión e inteligencia computacional. Sus trabajos se centran en el monitoreo de patrones mediante arquitecturas inteligentes, lo que ofrece bases para la creación de sistemas automatizados aplicables al monitoreo visual de cultivos. Asimismo, ha desarrollado sistemas de reconocimiento en terapias interactivas basadas en videojuegos, donde la detección y clasificación de elementos visuales juega un papel central.

(Sancen-Plaza et al., 2018) y (Hernández Aguirre, 2023) han realizado importantes aportes en el análisis de formas digitales, destacando su trabajo en la evaluación cuantitativa de la asimetría en regiones binarias, lo cual resulta directamente aplicable al análisis morfológico de puntos irregulares en tubérculos. Además, ha desarrollado modelos híbridos de clasificación mediante asociaciones de patrones, una estrategia eficaz para tratar conjuntos de datos complejos como los que surgen de la extracción de múltiples descriptores visuales (Tamayo Zapata & Santiago Montero, 2018). Su experiencia en el cálculo eficiente de características topológicas en imágenes, como el número de Euler, refuerza la aplicabilidad de sus contribuciones en el análisis estructural de superficies vegetales.

Finalmente, (López et al., 2016) y (Jaramillo & Antunes, 2018) han colaborado en investigaciones centradas en el uso de redes de sensores y algoritmos evolutivos para el monitoreo ambiental, proponiendo arquitecturas que también pueden ser adaptadas a sistemas de adquisición y análisis de imágenes para fines agrícolas. Sus trabajos en la optimización de recursos en sistemas de riego mediante tecnologías inteligentes también reflejan una visión integral de la tecnología aplicada al sector agrícola, integrando sensores, visión por computadora y algoritmos de decisión automatizados.

De igual forma, (Santiago Montero et al., 2020) presentaron un estudio donde se propone el uso de zonas de mayor perfusión como representación biométrica, utilizando segmentación y análisis de patrones para distinguir características fisiológicas en imágenes médicas. Este enfoque resulta altamente transferible al análisis de patrones visuales en imágenes de tubérculos, ya que demuestra cómo el procesamiento avanzado de imágenes puede ser empleado para extraer regiones significativas y cuantificables. La metodología aplicada por los autores incluye técnicas de segmentación, extracción de características y análisis morfológico, elementos esenciales en el presente trabajo para identificar zonas de interés como los puntos en la epidermis de tubérculos.
En conjunto, los trabajos de estos autores proporcionan un marco teórico y metodológico sólido que puede ser adaptado a la clasificación de puntos en epidermis de tubérculos.

3. Necesidad

En el ámbito de la ciencia computacional aplicada a la agricultura y la biotecnología, existe una creciente demanda por métodos precisos y eficientes para la clasificación de tubérculos, como las papas (Solanum tuberosum), basados en características específicas de su epidermis. Este proyecto

aborda esta necesidad crucial mediante el desarrollo de un sistema automatizado de clasificación utilizando técnicas avanzadas de procesamiento de imágenes y aprendizaje automático (Daza, 2021).

La extracción precisa de características como Asimetría, Borde, Color y Diámetro en epidermis vegetales es fundamental para la clasificación precisa de tubérculos. Investigaciones previas han demostrado que la combinación de estos descriptores puede mejorar significativamente la capacidad de distinguir entre diferentes variedades y condiciones de los tubérculos (Sánchez-Trasgallo et al., 2014).

El uso de filtros avanzados para la extracción de fondo, junto con algoritmos de visión por computadora como los implementados en Python con OpenCV (cv2), permite la segmentación precisa de los puntos de las papas en las imágenes capturadas. Esto facilita la creación de una base de datos robusta y etiquetada que sirve como entrada para modelos de aprendizaje automático, los cuales pueden ser entrenados para reconocer y clasificar automáticamente diferentes características de interés (Cusimayta & Rosendo, 2018).

El impacto potencial de este proyecto se extiende al ámbito agrícola, donde la capacidad de clasificar tubérculos basada en características visuales podría optimizar procesos de selección y cultivo. Además, estas técnicas podrían ser adaptadas para aplicaciones en biotecnología, facilitando la identificación y selección de variedades con características deseables para su mejora genética y resistencia a enfermedades (Ostos-Ortíz et al., 2019) y (Ledesma et al., 2024).
En los últimos años, las técnicas de inteligencia artificial (IA) han revolucionado la clasificación de imágenes en diversos campos.

(Hernández Aguirre, 2023) Participó en el análisis de imágenes de tomografía computarizada (TC) torácica de pacientes con COVID-19, empleando el algoritmo Local Binary Pattern (LBP) y sus variantes para identificar patrones característicos de la enfermedad. Este enfoque permitió detectar diferencias en las texturas pulmonares, facilitando diagnósticos más precisos.

Por su parte, el (Padilla-Navarro et al., 2017) y (Cusimayta & Rosendo, 2018) ha explorado la clasificación de arritmias cardíacas mediante algoritmos como K-Nearest Neighbors (KNN) y Naive Bayes, optimizados con Algoritmos Genéticos (AG) y Optimización por Cúmulo de Partículas (PSO). Estas técnicas mejoraron la precisión en la identificación de diferentes tipos de arritmias, destacando la importancia de la optimización en modelos de clasificación.

(Tamayo Zapata & Santiago Montero, 2018) Ha trabajado en sistemas de visión artificial para asistir a personas con discapacidad visual. Un ejemplo es el desarrollo de un sistema de reconocimiento de billetes que utiliza procesamiento de imágenes e inteligencia artificial para identificar diferentes denominaciones de moneda, facilitando la autonomía de los usuarios.

4. Metodología

La metodología que se llevó a cabo en este trabajo es la siguiente:

4.1. Adquisición de Imágenes y Creación de la Base de Datos

Se recolectaron múltiples imágenes de puntos de papas en condiciones controladas de iluminación y fondo neutro. Las imágenes fueron capturadas con cámaras de alta resolución y desde diferentes ángulos para asegurar una representación precisa de la superficie de los tubérculos.
Cada imagen fue etiquetada manualmente según la ubicación del punto de interés en la epidermis, generando así una base de datos estructurada que contiene:

- Etiqueta del punto
- Clasificación preliminar (A, B, C, D)

4.2. Preprocesamiento y Filtro de Extracción de Fondo

Para mejorar la calidad del análisis y reducir el ruido visual, se aplicó un proceso de segmentación y extracción de fondo utilizando la biblioteca OpenCV (cv2) en Python. Este proceso incluyó:

- Conversión de imagen RGB a escala de grises.
- Aplicación de umbrales adaptativos.
- Detección de contornos.
- Uso de máscaras binarias para aislar los puntos de interés.

4.3. Extracción de Características A, B, C y D

Se extrajeron las características específicas para cada imagen:

Asimetría (A): Se utilizó la comparación de los momentos de Hu en diferentes ejes de simetría para determinar el grado de irregularidad. Esta técnica ha sido eficaz en la caracterización de lesiones en imágenes médicas, como lo evidencia el trabajo de (Santiago-Montero & Gaucín, 2015) donde se utilizaron descriptores polinomiales de Jacobi para representar formas complejas.

Borde (B): Se aplicó el operador de Canny para la detección precisa del contorno de cada punto. Se calculó la suavidad y continuidad del borde como métricas para la clasificación.

Color (C): Se extrajeron histogramas de color en el espacio HSV para representar los tonos presentes en los puntos. Se evaluaron desviaciones de color anormal en relación con el color promedio de la epidermis.

Diámetro (D): Se estimó a partir del área del contorno detectado, asumiendo una forma circular u ovalada para aproximar el diámetro equivalente. Esto permite medir el tamaño relativo del punto, información relevante para clasificar su posible severidad o anormalidad.

5. Resultados

Los resultados obtenidos en esta etapa del proyecto se centraron en el procesamiento inicial de las imágenes capturadas a los tubérculos, específicamente a los puntos presentes en su epidermis. El objetivo principal fue aislar correctamente estos puntos para facilitar la extracción de características

morfológicas clave y preparar los datos para una futura fase de clasificación automatizada. Las figuras 1 y 2 muestran la representación de la extracción de puntos de las epidermis de las papas.

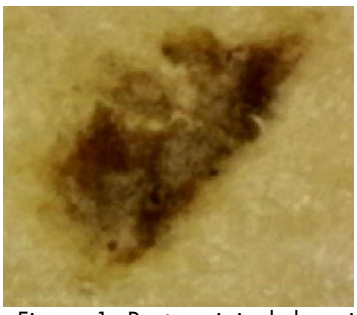


Figura 1: Punto original de epidermis N° 150. Creada por autor

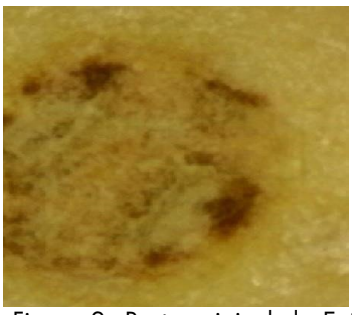


Figura 2: Punto original de Epidermis N° 1242. Creada por autor

5.1. Extracción de Fondo

La extracción del fondo fue un paso crucial, ya que permitió eliminar elementos visuales irrelevantes que podrían afectar la precisión del análisis. Al mantener únicamente el área de interés, se logró enfocar el procesamiento en los puntos localizados sobre la piel de las papas. Esto no solo redujo el ruido visual, sino que también optimizó el rendimiento de los algoritmos de detección y análisis morfológico, permitiendo una caracterización más precisa de cada punto.

5.2. Filtros Escala de Grises, Binario y Segmentación

Una vez aislado el fondo, se aplicaron filtros binarios mediante técnicas de umbralización. Las figuras 5 y 6 muestran los filtros binarios, se utilizó la ecuación 2. Esto permitió convertir las imágenes en representaciones de alto contraste que facilitaron la segmentación del área de interés. Gracias a este paso, fue posible identificar contornos definidos que luego se utilizaron para extraer descriptores como bordes y formas. Esta conversión es fundamental para tareas de análisis estructural, ya que transforma imágenes complejas en datos procesables con mayor facilidad. En las figuras 3 y 4 se presenta la escala de grises con la ecuación 1.

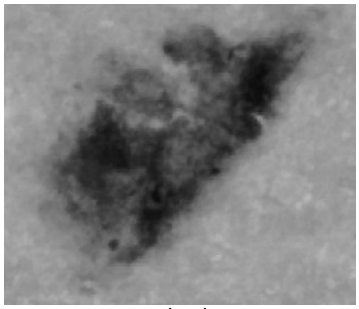


Figura 3: Escala de grises N° 150. Creada por autor

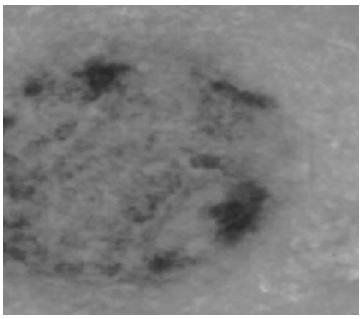


Figura 4: Escala de grises N° 1242. Creada por autor

Figura 5: binario N° 150. Creada por autor

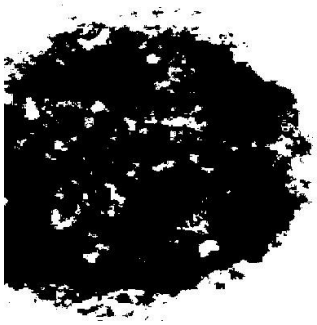


Figura 6: binario N° 1242. Creada por autor

5.3. Creación de la Base de Datos

Con las imágenes preprocesadas y segmentadas, se procedió a crear una base de datos estructurada que incluye imágenes limpias junto con sus respectivos atributos extraídos. Esta base contiene tanto los valores numéricos de las características como la información visual procesada, organizada según las siguientes categorías:

Asimetría (A): Se identificó la simetría o irregularidad en la forma del punto, lo cual permite diferenciar entre estructuras geométricamente equilibradas y aquellas más deformes.
Borde (B): Se analizaron los contornos de cada punto, evaluando su definición, suavidad y continuidad, aspectos clave para detectar irregularidades o daños en la superficie.
Color (C): Se extrajo información del color dominante y sus variaciones internas, lo cual es útil para detectar zonas con cambios de tonalidad que puedan indicar defectos o enfermedades. Diámetro (D): Se calculó el tamaño del punto mediante el área del contorno y su diámetro equivalente, permitiendo clasificar los puntos según su escala.

Cuadro 1: Características ABCD. Fuente: Autor

imagen	area	diametro	perimetro	borde	asimetria	color_b	color_g	color_r
1	657.5	28.933631	195.639609	58.2127089	579	1.57831325	1.57831325	1.57831325
2	54	8.29185959	37.3137083	25.7835661	72	0.625	0.625	0.625
3	46327	242.869035	3001.38093	194.450051	5002	16.2494758	16.2494758	16.2494758
4	73891.5	306.727207	5817.56295	458.023435	28908	27.4171526	27.4171526	27.4171526
5	7036.5	94.6527868	796.859953	90.2417087	7403	10.0579495	10.0579495	10.0579495
6	12	3.9088201	16.8284271	23.5996435	21	0.33333333	0.33333333	0.33333333
7	431	23.4257603	268.994948	167.884641	552	1.41666667	1.41666667	1.41666667
8	356	21.2902155	157.396969	69.58934	427	0.62529274	0.62529274	0.62529274
9	1609	45.2619313	345.7645	74.3027274	1763	37.5439592	37.5439592	37.5439592
10	166	14.5381486	77.1126978	35.8214928	201	0.5920398	0.5920398	0.5920398
11	154.5	14.0255306	95.3553385	58.8520387	198	0.68181818	0.68181818	0.68181818
12	6635	91.9126998	1321.51889	263.212085	7228	7.98215274	7.98215274	7.98215274
13	51895.5	257.051362	1598.10468	49.2131027	51961	3.99469854	3.99469854	3.99469854
14	3.5	2.11100412	14.2426406	57.9577806	11	0.63636364	0.63636364	0.63636364
15	3839.5	69.9185471	802.742202	167.833062	4175	8.54822577	8.54822577	8.54822577

5.4. Graficas

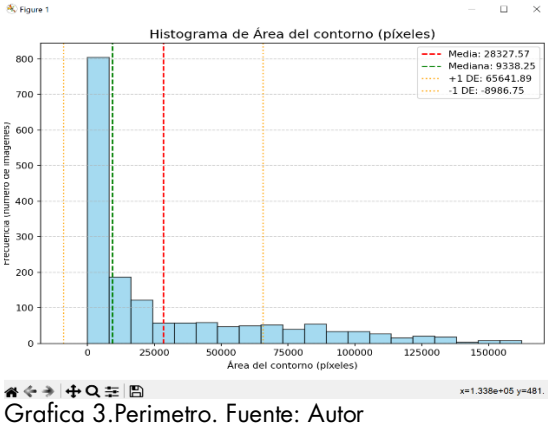
Las gráficas generadas a partir del código de extracción de características permiten analizar visualmente las propiedades de los puntos oscuros en las papas. En particular:

Área, perímetro y diámetro: muestran el tamaño y forma de los puntos, ayudando a identificar anomalías y establecer umbrales de clasificación.

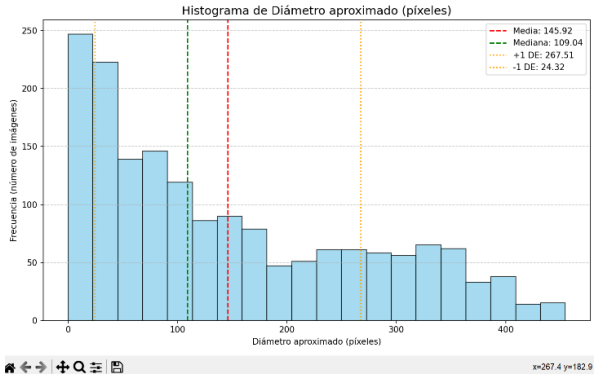
Asimetría: permite detectar deformaciones o formas irregulares en los puntos.
Bordes: los filtros de detección de bordes muestran qué tan definidos están los contornos, útil para mejorar la segmentación.

Color: el análisis de color distingue entre puntos oscuros reales y manchas por iluminación o textura natural.

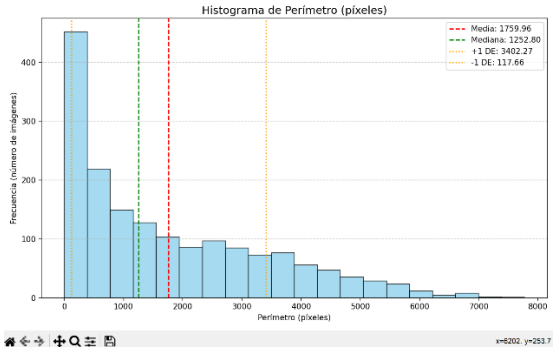
Grafica 1. Área de contornos. Fuente: Autor



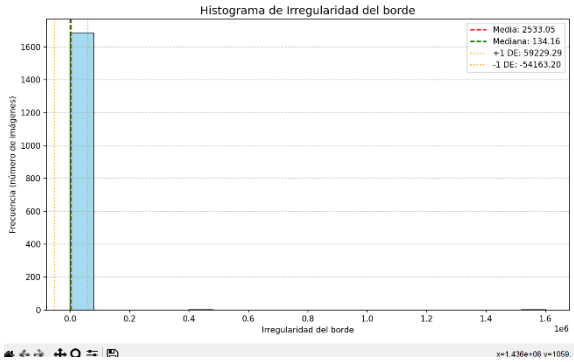
Grafica 2. Diámetro aproximado. Fuente: Autor



Grafica 3.Perimetro. Fuente: Autor

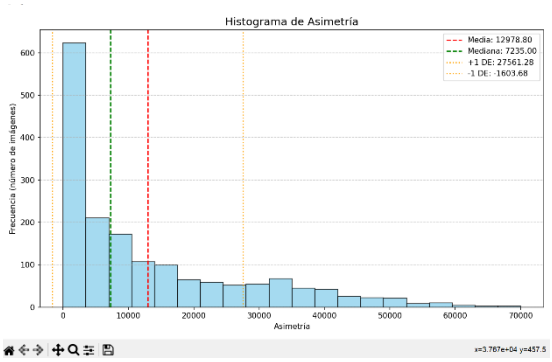


Grafica 4.Irregularidad del borde. Fuente: Autor

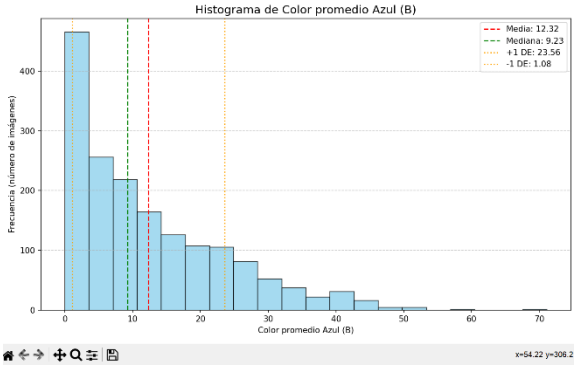


Grafica 5. Asimetría. Fuente: Autor

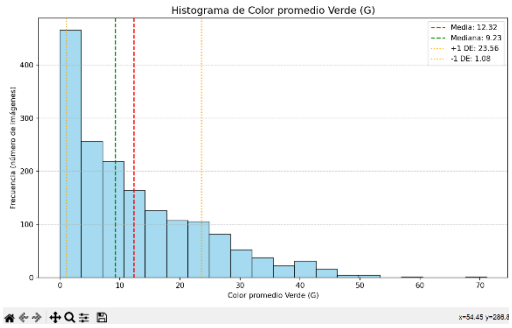
Grafica 6. Perímetro Azul. Fuente: Autor

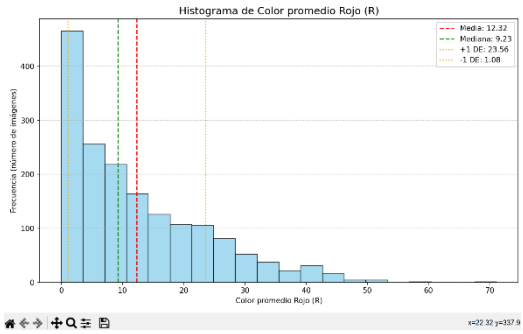


Grafica 6. Perímetro verde. Fuente: Autor



Grafica 6. Perímetro rojo. Fuente: Autor





5.5. Ecuaciones Utilizadas

1. Conversión a Escala de Grises

Antes de aplicar umbrales o detectar bordes, las imágenes se convierten a escala de grises utilizando la siguiente fórmula:

$$I_{gris} = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (1)$$

2. Umbralización Binaria (Thresholding)
La binarización transforma una imagen en blanco y negro con base en un umbral T:

$$I_{binario(x,y)} = 255, si\ I_{gris(x,y)} > T0,\ \boldsymbol{en\ otro\ caso} \quad (2)$$

3. Medición de Asimetría
Para medir la asimetría se puede usar la diferencia entre la imagen original y su reflejo:

$$\mathrm{A} = \frac{\sum\left|\mathrm{I(x,y)} - \mathrm{I_{reflejada(x,y)}}\right|}{\sum \mathrm{I(x,y)}} \quad (3)$$

4. Detección de Bordes (Gradiente de Sobel) El módulo del gradiente se calcula mediante:

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (4)$$

donde

$$\mathrm{Gx} = \frac{\partial \mathrm{I}}{\partial \mathrm{x}}, \mathrm{Gy} = \frac{\partial \mathrm{I}}{\partial \mathrm{y}} \ (5)$$

5. Cálculo del Color Promedio
El color promedio del objeto en el espacio RGB se calcula como:

$$\mathrm{C_{prom}} = \frac{1}{\mathrm{N}} * \sum_{i=1}^{N} R_i, \frac{1}{\mathrm{N}} * \sum_{i=1}^{N} G_i, \frac{1}{\mathrm{N}} * \mathrm{B_i} \ (6)$$

donde N es el número total de píxeles del objeto.

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten confirmar que el proceso de extracción de fondo y filtrado binario facilita significativamente la segmentación y análisis de los puntos en la epidermis vegetal. La correcta separación del área de interés mejora la calidad de los datos y evita que elementos externos interfieran en la detección de las características visuales.

Se logró establecer una metodología funcional para la extracción y organización de información visual de puntos en la superficie de tubérculos. A través de un proceso controlado de captura de imágenes, extracción de fondo, aplicación de filtros binarios y segmentación, se desarrolló una base de datos sólida que permitirá entrenar modelos de clasificación basados en los descriptores Asimetría, Borde, Color y Diámetro (ABCD).

Este trabajo sienta las bases para la automatización del análisis de calidad en productos agrícolas mediante visión por computadora y aprendizaje automático. Como siguiente paso, se implementará un sistema inteligente de clasificación utilizando Python y bibliotecas como OpenCV y TensorFlow, con el objetivo de detectar, etiquetar y clasificar los puntos de manera autónoma y en tiempo real.

7. Referencias

Artículos de revistas

- Sánchez-Trasgallo, D. A., Carpio, J. M., Montero, R., Mancilla-Espinoza, L. E., & Araiza, M. A. C. (2014). Descriptores basados en combinaciones lineales de polinomios de Jacobi aplicados en la caracterización de melanoma, comparados estadísticamente con los momentos de Hu. Research in Computing Science, 74, 143-156. https://doi.org/10.13053/rcs-74-1-12
- López, V. D. R. O., Ramírez, C. L., del Rosario Baltazar-Flores, M., Araiza, M. Á. C., Rodríguez, V. M. Z., Cervera, S. J. L., & Zamora, G. E. M. (2016). Propuesta de un sistema para optimizar el riego en invernaderos de plantas heterogéneas usando WNS y algoritmos evolutivos. Research in Computing Science, 113, 131-145. https://doi.org/10.13053/rcs-113-1-10
- Padilla-Navarro, C., González-Reyna, S. E., Aguilera-González, G., Ortega-Yepez, M., Bombela-Jiménez, S., Rangel-Huerta, M., & Ramírez, C. L. (2017). Algoritmos genéticos aplicados a la optimización de características en la clasificación de arritmias cardiacas utilizando los clasificadores

KNN y naive Bayes. Research in Computing Science, 134, 55-68. https://doi.org/10.13053/rcs-134-1-5

- Sancen-Plaza, A., Santiago-Montero, R., Sossa, H., Perez-Pinal, F. J., Martinez-Nolasco, J. J., & Padilla-Medina, J. A. (2018). Quantitative evaluation of binary digital region asymmetry with application to skin lesion detection. BMC Medical Informatics and Decision Making, 18, 1-11. https://link.springer.com/article/10.1186/s12911-018-0641-7. https://doi.org/10.1186/s12911-018-0641-7
- Jaramillo, L. V., & Antunes, A. F. (2018). Detección de cambios en la cobertura vegetal mediante interpretación de imágenes Landsat por redes neuronales artificiales (RNA). Caso de estudio: Región Amazónica Ecuatoriana. Revista de Teledetección, (51), 33-46. https://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/8995. https://doi.org/10.4995/raet.2018.8995
- Ostos-Ortíz, O. L., Rosas-Arango, S. M., & González-Devia, J. L. (2019). Aplicaciones biotecnológicas de los microorganismos. Nova, 17(31), 129-163. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-24702019000100129&script=sci_arttext. https://doi.org/10.22490/24629448.3629
- Santiago Montero, R., Aguilar Figueroa, R., Sancen Plaza, A., Baltazar Flores, M. D. R., Gutiérrez Hernández, D. A., & Mosiño, J. F. (2020). A study of highest perfusion zones as biometric representation. Computación y Sistemas, 24(1), 325-329. https://doi.org/10.13053/cys-24-1-2911
- Vinueza, C., abril, M., Rodríguez, V., & Lara, G. (2023). Efecto de dos tipos de empaque en la calidad post cosecha de tomate de árbol (Solanum betaceum). Investigación Joven, 10(2), 133-133. https://revistas.unlp.edu.ar/InvJov/article/view/16197

Memorias de congresos

- Santiago-Montero, R., & Gaucín, A. M. O. (2015). Discriminación de lesiones de piel mediante la descripción cuantitativa del borde y asimetría utilizando el concepto de compacidad. Memoria técnica o ponencia no especificada en evento.
- Tamayo Zapata, F., & Santiago Montero, R. (2018). Sistema de reconocimiento de billetes para personas con discapacidad visual mediante visión artificial.
- Cruz-Parada, P., Zamudio, V., Navarro, J., Doctor, F., Lino, C., Gutiérrez-Hernández, D., & Baltazar, R. (2018). Identification and Analysis of Emotions in a Game Based Therapy for Patients with Cognitive Impairment. In Intelligent Environments 2018 (pp. 506–515). IOS Press. https://ebooks.iospress.nl/volumearticle/49403
- Ledesma, D. A. R., Hernández, D. A. G., Rodríguez, V. M. Z., Ramírez, C. L., & Tolentino, K. E. (2024). Extracción de características de señales biológicas longitudinales por medio de reconciliation de patrones. Encuentro Internacional de Educación en Ingeniería. https://acofipapers.org/index.php/eiei/article/view/3897

Fuentes electrónicas

- Cusimayta, D. R. A., & Rosendo, D. (2018). Diseño de un modelo algorítmico basado en visión computacional para la detección y clasificación de retinopatía diabética en imágenes retinográficas digitales (Tesis doctoral, Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Mención: Ingeniería Informática).
- Daza, C. A. O. (2021). Desarrollo de una herramienta computacional basada en redes neuronales para el diagnóstico del tizón tardío en cultivos de papa.

- Hernández Aguirre, A. E. (2023). Análisis de Imágenes de TC torácica para la identificación de COVID-19 mediante el algoritmo Local Binary Pattern. http://51.143.95.221/handle/TecNM/5530
- Sangama Vela, G. A. (2023). Reconocimiento de patrones visuales para detección de enfermedades en plantaciones de arroz del sector Mishquiyacu-Morales.

Sobre los autores

- **Francisco Javier Carreón Durán**: Ingeniero en Sistemas Automotrices, franciscojaviercarreonduran@gmail.com
- **David Asael Gutiérrez Hernández**: Doctor en Física. Profesor-investigador titular del Instituto Tecnológico de León, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e investigadores de México, SNII Nivel 2, david.gutierrez@leon.tecnm.mx
- **Raúl Santiago Montero**: Doctor en Ciencias de la computación. Profesor-investigador titular del Instituto Tecnológico de León, México, raul.santiago@leon.tecnm.mx
- **Víctor Manuel Zamudio Rodríguez**: Doctor en Ciencias de la computación. Profesor-investigador titular del Instituto Tecnológico de León, México. Miembro del Sistema Nacional de Investigadoras e investigadores de México, SNII Nivel 1, vic.zamudio@leon.tecnm.mx
- **Carlos Lino Ramírez**: Doctor en computación. Jefe de Centro de cómputo en Instituto Tecnológico de León, México. carlos.lino@leon.tecnm.mx

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2025 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)