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.

# Nueva base de datos de defectos de café (RGB+NIR) para segmentación semántica

**Héctor Fabio Quintero Riaza, Juan Camilo Mejía Hernández, Marlon Gómez Zapata, Dairo Andrés Hernández Acevedo**

**Universidad Tecnológica de Pereira**
**Pereira, Colombia**

## Resumen

El café representa uno de los cultivos agrícolas más relevantes a nivel global, siendo fuente clave de ingresos para millones de pequeños productores. No obstante, la carencia de información precisa a lo largo de la cadena de valor dificulta una evaluación objetiva del grano. En respuesta a esta problemática, este artículo presenta el desarrollo de una base de datos innovadora con imágenes de defectos en granos de café, empleando tecnologías de visión por computadora y segmentación semántica. La base incluye más de 200 imágenes en formatos RGB e hiperespectral, etiquetadas meticulosamente para abarcar una amplia gama de defectos frecuentes. Para su construcción, se utilizaron cámaras especializadas y algoritmos avanzados de procesamiento de imagen. Los resultados evidencian una mejora considerable en la precisión de la identificación y clasificación de defectos, lo que contribuye a optimizar la calidad y eficiencia en la producción cafetera. Esta herramienta representa un aporte tecnológico significativo para el sector agrícola, promoviendo la innovación y facilitando un comercio más equitativo.

**Palabras clave**: café; imágenes; segmentación; semántica; defectos

## *Abstract*

*Coffee is among the most significant agricultural commodities globally, serving as a crucial income source for millions of small-scale farmers. Nevertheless, the absence of accurate information within the production chain poses challenges to effectively assessing product quality. To tackle this issue, this paper introduces the development of a novel image database focused on coffee bean defects, utilizing computer vision and semantic segmentation techniques. The dataset comprises over 200 RGB and hyperspectral images, meticulously annotated to represent a wide variety of common defects. These images were captured using specialized cameras and processed through advanced image analysis algorithms. The findings reveal a notable improvement in the accuracy of defect*

DOI: https://doi.org/10.26507/paper.4509

*detection and classification, leading to enhanced production quality and efficiency. This contribution marks a valuable technological advancement for agriculture, fostering innovation and enabling fairer trade practices.*

***Keywords**: coffee; images; segmentation; semantics; defects*

## 1. Introducción

El café es uno de los principales productos agrícolas a nivel mundial, generando ingresos para millones de pequeños productores en zonas tropicales y siendo clave para la economía de muchos países. En 2019-2020, la producción global alcanzó los 167 millones de sacos de 60 kg, y las exportaciones los 112 millones [Williams, 2019]. Este mercado mueve cerca de 220.000 millones de euros al año [E. Bouedron, 2019]. No obstante, un problema persistente es la falta de información clara entre los actores de la cadena productiva, lo cual limita la negociación, el reconocimiento de calidad y la asignación de precios justos [Ortega, 2022].

Para abordar este desafío, se han implementado sistemas tecnológicos que recopilan y comunican datos mediante visión por computadora, IoT y medición autónoma [Guzmán, 2023]. La visión por computadora permite identificar enfermedades o defectos en los cultivos mediante algoritmos que procesan imágenes, ayudando a los agricultores a tomar decisiones acertadas [Abade, 2021]. Esta técnica incluye enfoques como la segmentación semántica, clasificación de imágenes, detección de objetos y segmentación instantánea [Abade, 2021]. Entre las metodologías utilizadas destacan las CNN, RNN, DBN, GAN y DRL [Goodfellow, 2016], siendo las CNN las más aplicadas por su facilidad de entrenamiento y generalización [Lee, 2023].

En el caso del café, estas tecnologías pueden identificar defectos en los granos con mayor precisión, reduciendo pérdidas y mejorando la eficiencia [Alfaro, 2022]. Diversos estudios han aplicado visión artificial con imágenes RGB, hiperespectrales, de ultrasonido o tomografía para el análisis agrícola [Abade, 2021]. Por ejemplo, [Herrera, 2016] usó imágenes RGB para detectar madurez y presencia de plagas, mientras que [Zhang, 2019] empleó imágenes hiperespectrales con redes neuronales para identificar enfermedades.

A pesar de estos avances, existen pocas bases de datos específicas para el café, y aún menos enfocadas en segmentación semántica. Este artículo presenta el proceso de creación de una base de datos única de defectos en granos de café, con imágenes RGB y NIR etiquetadas, que incluye más de 400 imágenes en alta resolución. Esta herramienta busca apoyar a investigadores en el desarrollo de algoritmos más precisos y eficientes, contribuyendo a mejorar la calidad del café y sus procesos productivos.

## 2. Métodos

La base de datos fue desarrollada mediante un proyecto conjunto entre la trilladora de café CINTAGRO S.A (Calarcá, Quindío) y la Universidad Tecnológica de Pereira. El objetivo es crear

un prototipo que identifique defectos en granos de café que pasan por una cinta transportadora antes del empaque.

*Fuente: elaboración propia*

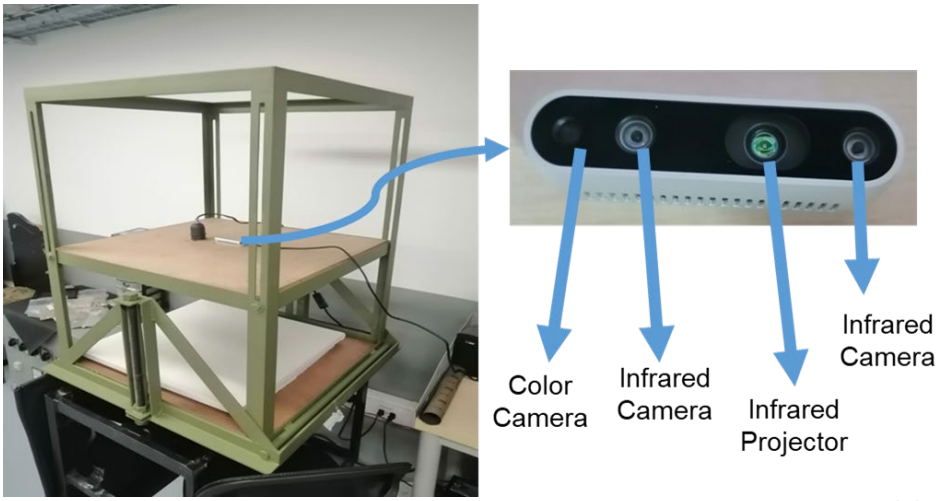
Figura 1 Cinta transportadora de café de la empresa CINTAGRO S.A.

Se recolectaron imágenes de granos en buen estado y con defectos (Negros, Vinagres, Broca Severa, Inmaduros, Cortados, Broca Punto, Conchas, Ámbar), con apoyo de expertos y la tabla de defectos de la Federación Nacional de Cafeteros [Puerta, 2015].

*Fuente: elaboración propia*

Figura 2 Muestras de defectos de café clasificada por expertos.

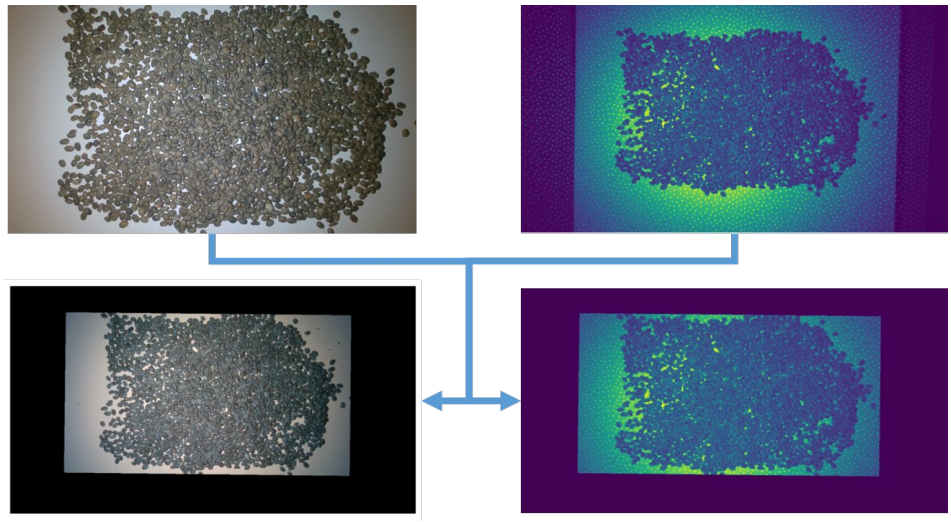
Para la adquisición de imágenes RGB y NIR, se usó la cámara Intel RealSense D435, seleccionada por su capacidad OEM y facilidad de integración en Python. El montaje se diseñó para capturar imágenes desde 25 cm de altura, abarcando toda la cinta.




*Fuente: elaboración propia*

Figura 3 Depth Camera D435 y su respectivo montaje.

Como la cámara tiene sensores independientes para RGB y NIR, se usaron algoritmos de alineación disponibles en RealSense para sincronizar las imágenes.



*Fuente: elaboración propia*

Figura 4 Alineación de las imágenes RGB y NIR en imágenes de granos de café.

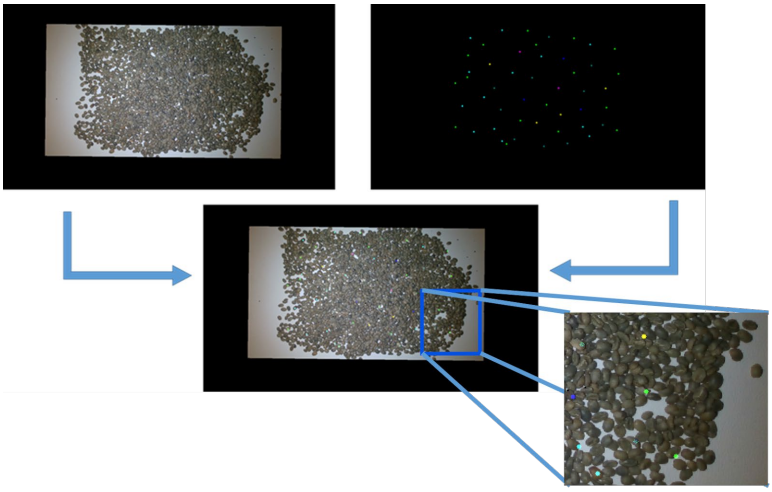
La adquisición de imágenes se basó en un modelo estadístico que simula la frecuencia real de defectos en café de productores del Quindío. A partir de 1400 muestras, se obtuvo la siguiente distribución:

Tabla 1 Número y tipo de granos en 300 gramos de café CITA.

| **Defecto [cant.]** | **Promedio [cant.]** | **Desviación [cant.]** |
|---|---|---|
| EXCELSO | 1150 | 10.01 |
| NEGROS | 6.2 | 9.2 |
| VINAGRES | 12.5 | 16.4 |
| BROCA SEVERA | 27 | 23.7 |
| INMADUROS | 7 | 9.4 |
| CORTADOS | 33.6 | 25.6 |
| BROCA PUNTO | 4.3 | 11.6 |
| CONCHAS | 2.2 | 6.2 |
| AMBAR | 1.3 | 3.7 |

*Fuente: elaboración propia*

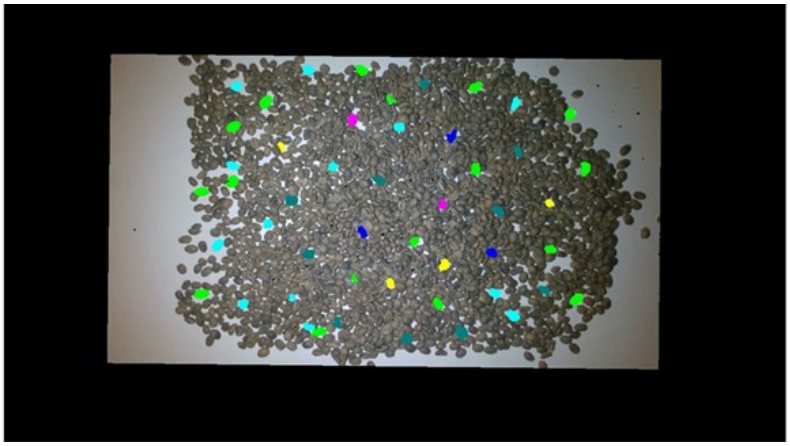
Un algoritmo aleatoriza la cantidad y posición de granos con base en estos datos. Luego, se realiza el etiquetado manual usando un sistema que genera marcas para guiar al usuario.



*Fuente: elaboración propia*

Figura 5 Metodología para el etiquetado de imágenes de la base de datos.

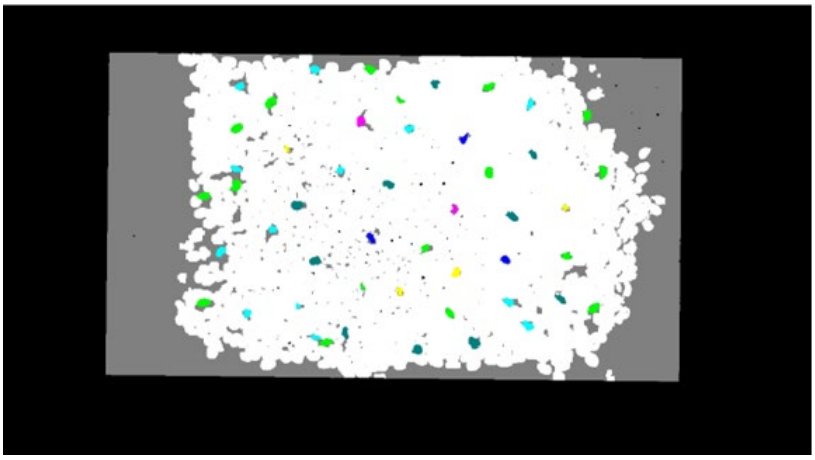
Cada grano defectuoso es coloreado manualmente para generar etiquetas útiles para los algoritmos de segmentación semántica.



*Fuente: elaboración propia*

Figura 6 Coloreado manual de los granos defectuosos del café.

El etiquetado de los píxeles restantes se hace automáticamente, diferenciando entre fondo, granos buenos y defectuosos, generando así las máscaras finales.



*Fuente: elaboración propia*

Figura 7 Etiqueta completa de las imágenes de la base de datos.

La segmentación de granos no defectuosos se logra con algoritmos que distinguen el fondo de los granos, apoyados en condiciones controladas de iluminación.

## 3. Resultados

La base de datos de granos defectuosos de café fue diseñada para procesos de clasificación mediante segmentación semántica, donde cada píxel es etiquetado individualmente. Por esta razón, cada imagen se guarda como un arreglo tridimensional de 1280x720x7.

La codificación de colores para cada tipo de defecto se resume en la siguiente tabla:

Tabla 2 Color y codificación RGB para cada clase en el arreglo tridimensional.

| **Defecto [cant.]** | **Color** | **Valor (R, G, B)** |
|---|---|---|
| EXCELSO | Gris | (128,128,128) |
| NEGROS | Azul | (0,0,255) |
| VINAGRE | Turquesa | (255,255,0) |
| BROCA SEVERA | Rojo | (255,0,0) |
| INMADUROS | Amarillo | (0,255,255) |
| CORTADOS MORDIDOS | Verde | (0,255,0) |
| BROCA PUNTO | Verde oscuro | (128,128,0) |
| CONCHAS | Azul oscuro | (255,128,0) |
| AMBAR | Rosado | (255,0,255) |
| FONDO | Blanco | (255,255,255) |

*Fuente: elaboración propia*

Cada imagen se guarda en formato. npy, el cual permite almacenar todos los datos en un solo archivo, facilitando la reconstrucción completa de la imagen.

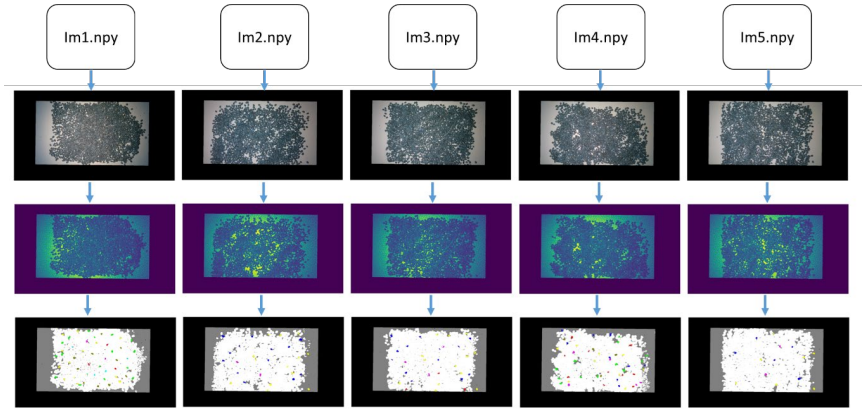



Figura 9 Sistema organizacional de la base de datos de defectos del café.

La base contiene 400 archivos, distribuidos aleatoriamente en tres conjuntos:

- Entrenamiento: 59.5%
- Validación: 30.5%
- Pruebas: 10%

Estos porcentajes fueron seleccionados con base en otras bases de datos usadas en segmentación semántica, como Cityscapes, para asegurar una comparación estandarizada de resultados.

## 4. Discusión

Los resultados respaldan la hipótesis de que una base de datos de defectos del café, construida con imágenes RGB y NIR, representa un aporte importante para la industria y la investigación. Esta base, combinada con técnicas de visión por computadora, puede mejorar la precisión en la detección de defectos y motivar la creación de bases similares. Además, se plantea que el uso de imágenes multiespectrales y algoritmos como las redes neuronales convolucionales (CNN) podría mejorar aún más la clasificación automática.

En el contexto industrial, esta herramienta puede tener un impacto positivo en toda la cadena de valor: los productores obtendrían evaluaciones más justas, los compradores tendrían mayor confianza en la calidad, y se mejorarían los procesos productivos al reducir reprocesos y pérdidas. También se destaca que la automatización con inteligencia artificial podría eliminar la intervención humana, aumentar la eficiencia y permitir la aplicación de esta tecnología en otros cultivos, promoviendo una agricultura más precisa y sostenible.

Sin embargo, se identifican retos importantes, como la necesidad de estandarizar las condiciones de captura de imágenes (luz, temperatura) y la limitación que representa el uso de equipos avanzados para pequeños productores. Se recomienda automatizar el etiquetado y ampliar la base de datos, lo que permitiría el desarrollo de modelos más robustos y la aplicación de esta metodología a otros sectores agrícolas.

## 5. Conclusiones

Se construyó una base de datos de defectos en granos de café utilizando imágenes RGB y NIR, desarrollada en un entorno controlado que replica las condiciones de una trilladora. Esta base representa una herramienta importante para mejorar la precisión en la detección y clasificación de defectos, además de sentar las bases para estandarizar los procesos de inspección de calidad en la industria cafetera. Al contar con datos etiquetados de manera adecuada y accesibles, se facilita el uso de métodos objetivos y uniformes entre quienes se encargan del control de calidad del café. La metodología aplicada no solo es útil para el café, sino que también puede transferirse a otras áreas de la agroindustria, permitiendo la creación de bases de datos similares para distintos productos agrícolas. A futuro, se podrían explorar nuevas mejoras en los algoritmos de segmentación y clasificación, así como en el uso de diferentes tipos de imágenes y técnicas avanzadas como el aprendizaje profundo, con el fin de aumentar la precisión y la aplicabilidad de los resultados.

Desde el punto de vista práctico, la implementación de esta tecnología tiene un potencial impacto positivo en el aspecto económico y productivo. Contribuye a reducir pérdidas causadas por defectos no detectados, mejora la calidad del producto final que llega al consumidor, y apoya la sostenibilidad de la cadena de suministro. Al garantizar que solo los granos en mejores condiciones lleguen a los mercados, se optimizan los recursos y se fortalece la competitividad del producto en el mercado nacional e internacional.

## 6. Referencias

### Artículos de revistas


- Abade, A., Ferreira, P. A., & de Barros Vidal, F. (2021). Plant diseases recognition on images using convolutional neural networks: A systematic review. Computers and Electronics in Agriculture, 185, 106125. https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106125
- Bouedron, E., Cochet, H., & Belchi, P. (2019). Effets et limites du commerce équitable fairtrade sur les producteurs de café arabica d'une région de piémont andin, au Pérou. Revue internationale des études du développement, 147–175. https://doi.org/10.3917/ried.240.0147
- Williams, G. W. (2019). The Overlooked Agricultural Trade Promotion Program of the USDA Trade Aid Packages. Choices, 34(4), 1-8.
- Ortega Farez, E. I., & Rodriguez Marquez, Y. A. (2022). Estrategia de marca blanca en cadenas de supermercados internacionales para lograr la comercialización del café orgánico "El Negrito" al mercado de España en el 2022.
- Lee, C. P., Lim, K. M., Song, Y. X., & Alqahtani, A. (2023). Plant-CNN-ViT: plant classification with ensemble of convolutional neural networks and vision transformer. Plants, 12(14), 2642. https://doi.org/10.3390/plants12142642
- Zhang, X., Han, L., Dong, Y., Shi, Y., Huang, W., Han, L., ... & Sobeih, T. (2019). A deep learning-based approach for automated yellow rust disease detection from high-resolution hyperspectral UAV images. Remote Sensing, 11(13), 1554. https://doi.org/10.3390/rs11131554
- Herrera, J. C., Medina, S., Beleño, K., & González, O. G. (2016). Diseño de un sistema automático de selección de frutos de café mediante técnicas de visión artificial. Revista UIS Ingenierías, 15(1), 7–14. https://doi.org/10.18273/revuin.v15n1-2016001
- Puerta, G. I. (2015). Buenas prácticas para la prevención de los defectos de la calidad del café: Fermento reposado fenólico y mohoso. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).


### Libros


- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep learning. MIT press.


### Fuentes electrónicas


- Guzmán Farfán, Á. M., & Sosa Buñay, G. J. (2023). Desarrollo de un sistema de detección de la plaga Monilia bajo una plataforma IoT y Visión Artificial para las mazorcas de cacao (Bachelor's thesis). http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/24103
- Alfaro Barreto, M. M. (2022). Propuesta de mejora para incrementar la eficiencia del proceso de fabricación de hojuelas de cereales a través de herramientas de Lean Manufacturing en una empresa del sector alimenticio. http://hdl.handle.net/10757/660876


## Sobre los autores


- **Héctor Fabio Quintero Riaza**: Ingeniero Mecánico, Máster en Ingeniería mecánica, Doctor en Ingeniería Mecánica. Profesor titular. hquinte@utp.edu.co
- **Juan Camilo Mejía Hernández**: Ingeniero Electrónico, Maestría en ingeniería Eléctrica. Profesor titular j.mejia1@utp.edu.co

- **Marlon Gómez Zapata**: Estudiante de Ingeniería Mecánica, Técnico en mecanizado de productos metalmecánicos. marlon.gomez@utp.edu.co
- **Dairo Andrés Hernández Acevedo**: Estudiante de ingeniería mecánica. dairo.hernandez@utp.edu.co


---

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)