

Identificación de defectos en el café

Sergio Andrés Arboleda Zuluaga^a Mateo Arenas Montoya^b Juan Esteban Correa Silva^c Daniel Giraldo Muñoz^d

Cristian Daniel De Jesus Ramirez Higinio^e

^a Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. saarboledaz@unal.edu.co

^b Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. marenasm@unal.edu.co

^c Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. jcorreasi@unal.edu.co

^d Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. dagiraldomu@unal.edu.co

^e Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. cdramirez@unal.edu.co

1 Descripción del problema

El café es uno de los productos de exportación y consumo interno más importantes para la economía colombiana. El proceso de producción del café comienza por la recolección, se recogen los granos y se extraen de estos el fruto del café, según la madurez de los mismos. Los granos de café tienen dos cáscaras que se remueven durante el trillado, después de esto se apartan los granos defectuosos del resto de la cosecha, esto debido a que las cualidades del producto final se ven altamente afectadas por esto. Finalmente después de esta clasificación, los granos son tostados, se muelen y se empaquetan dando como resultado el producto final [1].

La etapa de clasificación se toma la mayor cantidad de tiempo y capacidad humana, además de tener un gran impacto en el producto final, es por esto que se propone implementar una solución de visión artificial que como objetivo principal tendrá el identificar y generar descriptores para los defectos que se encuentran categorizados para los granos de café [2].

Existen 14 defectos en los granos del café categorizados por la FNC (Federación Nacional de Cafeteros), todos estos comparten la característica de que son identificables por medio de análisis visual, es decir, verificación de pigmentación, forma, etc. Reforzando así la hipótesis de una solución desde el campo de la visión artificial para la implementación en el proceso de producción de uno de los productos insignia del agro colombiano [3].

2 Estado del Arte

En [4] no se hace una clasificación de los defectos del café, pero se utiliza visión por computador para determinar su estado de maduración. Se hace uso del canal HSV, en específico los canales de saturación y matiz para identificar cada uno de los cuatro estados de maduración. Se hace un sistema con capacidad de clasificar hasta 50 frutos por segundo. Por medio de un algoritmo de clasificación y de la correlación entre el color del fruto y su estado de madurez se separan los estados

de maduración en el plano de saturación del canal HSV. La eficacia de las predicciones del estado de maduración estuvo entre 94.8% y 99.6%.

En [5] se usaron varios espacios de color para la clasificación de los granos de café, el mejor espacio de color fue RGB. Se usó clasificación lineal, Bayesiano y KNN para la clasificación, de los cuales se escogió el clasificador lineal por su eficacia y bajo coste computacional. Durante el proceso de segmentación se utilizó una elipse para ajustarse a los contornos de cada grano encontrado; también se usaron máscaras para segmentar los lóbulos y las hendiduras de los granos de café, ya que entre esas zonas los cambios de color (que pueden señalar defectos) fueron más evidentes. La eficacia de los algoritmos implementados se midió como el número de predicciones acertadas sobre el número total de predicciones realizadas. Se tuvo una eficacia promedio de 93.44% para determinar granos inmaduros y de 87.31 para determinar granos sanos.

En [6] se hizo una clasificación de los granos de café en once categorías a partir de su estado de madurez. Se extrajeron de las imágenes 208 características que posteriormente fueron reducidas nueve por medio de dos métodos de selección de características. Se usaron las técnicas de clasificación: Bayesiano, ANN, Clustering difuso, de los cuales las ANN tuvo el mejor desempeño.

En [7] se desarrolló dos algoritmos de procesamiento de imágenes para la identificación del café idóneo para producción, teniendo en cuenta dos características, la primera es de acuerdo al color de este (estado de maduración) y otro para detectar la plaga de la broca. Las imágenes fueron tomadas en un ambiente de luz controlado, con iluminación de tipo difusa y con dos fuentes de luz de tipo fluorescente. Además se usó un fondo blanco, con el objetivo de facilitar el proceso de segmentación. Las fotografías fueron tomadas a una distancia de 15cm aproximadamente, con una cámara de 5MP con una distancia focal de 3,54 mm y una apertura de 2,6.

Para separar el fruto del café con el fondo (blanco) se utilizó la técnica de segmentación llamado “método Otsu”. Este método permite hallar el umbral óptimo entre dos distribuciones gaussianas de forma automática.

A través de la media y la desviación estándar se puede cuantificar la información con respecto al color de los frutos. Para esto se deben utilizar los componentes de los modelos de color adecuados para dicho proceso, estos componentes son a^* y b^* del espacio de color $L^*a^*b^*$, los cuales determinan la cantidad de color que hay en la fruta. De igual manera, los componentes H y S del espacio HSI son las componentes que guardan el color. Por lo tanto, se calcula la media y la desviación estándar de las componentes a^* , b^* , H y S ; obteniendo un total de ocho características.

Para resolver este problema se debe tener en cuenta el proceso de la adquisición de la imagen, la cámara debe encontrarse frente al ombligo del fruto del café (Este es el punto de entrada de la plaga hacia el fruto). Para segmentar la presencia del agujero que deja la broca en el café, se utilizó el método del valor umbral, con el fin de detectar las zonas oscuras en la imagen. El umbral escogido fue de 30, ya que valores mayores pueden llevar a falsas detenciones.

En [8] se utiliza como elemento captador de imagen, una cámara web montada sobre una estructura adecuada de tal forma que la fotografía del grano de café fuera lo más clara posible evitando al máximo elementos como sombras, brillos y otros, dentro de entorno controlado. Haciendo uso de la herramienta computacional MATLAB, se logra conseguir una imagen que ofrece única y exclusivamente información sobre el color del grano de café, eliminando al máximo píxeles de la foto relacionados a fondo, brillos y sombras.

Inicialmente se trabaja con los histogramas de las capas RGB (Red, Green, Blue) de cada imagen. En base a la naturaleza de los histogramas, se aplica una estrategia de búsqueda de un patrón de clasificación basado en la detección de la intensidad predominante en cada histograma (capa R, G y B), el trabajo realizado en este punto fue asignarle un color diferente a este patrón, de acuerdo al color del grupo de fotos analizado, para posteriormente graficar todos los patrones en una sola gráfica y ver si existe algún patrón de clasificación evidente. Haciendo muchas pruebas de comparación, probando con diferentes características de los histogramas se concluyó que los dos parámetros más útiles eran la intensidad de rojo de la imagen

y la intensidad total de la imagen.

Los resultados obtenidos fueron de la siguiente naturaleza. (la capa B del histograma no se usa porque se detectó que no presentaba variaciones significativas entre un color y otro a diferencia de las capas R y G).

Se obtienen resultados de clasificación no muy buenos inicialmente, teniendo errores de clasificación cercanos al 60%, lo cual no era útil; en vista de esto se opta por encontrar un parámetro de clasificación aún más evidente, y la respuesta luego de mucho experimentar e investigar fue trabajar con otro formato de imagen denominado HSV (Hue, Saturation, Value), el cual es una representación en coordenadas polares del formato RGB.

De esta forma se aplica un tratamiento de análisis similar al realizado anteriormente con la imagen en RGB, y luego de varias pruebas y análisis explotando diferentes características de estos nuevos histogramas se logra encontrar un patrón útil de clasificación usando la moda de los histogramas.

Con este último análisis se logra obtener un parámetro de clasificación eficiente, como se puede observar en el comportamiento de la moda de H , los colores rojo, amarillo y verde está bien diferenciados aunque los oscuros y pintones se siguen sobreponiendo, pero este solapamiento se convierte en un problema menor logrando separar los oscuros de los pintones en general, esto se logra utilizando el comportamiento que se observa en la moda del histograma S , donde los granos oscuros están totalmente separados del resto de granos.

3 Propuesta de solución.

Como se habló anteriormente la propuesta es inicialmente proponer un sistema de visión artificial por medio del cual se pueda clasificar los granos de café de manera precisa y rápida, ya que este proceso se realiza actualmente a mano por personas y a simple vista, y que además sea con el menor error posible de clasificación, el trabajo se justifica ya que las características de los defectos en cada grano de café son meramente visuales.

Estos defectos en el grano son los que nos permitirán más adelante encasillar cada grano en alguno de los 14 tipos de defectos para exportación que propone la Federación Nacional de Cafeteros que se basan específicamente en rasgos como color, la textura, algunos daños que se aprecian en el grano como cortes, puntos negros o fracturas entre otros. Además de esto también se estimará el tamaño del grano gracias al

montaje del cual se tomaron las imágenes.



Imagen #. Montaje de captura.

Se tomaron 3 clases de defectos a procesar: Granos arrugados, Granos Mordidos y Granos con broca.



Imagen #. Picado por insecto. (Broca).



Imagen #. Mordido o picado.



Imagen #. Avaranado o arrugado.

4 Segmentación

Para realizar la segmentación se hizo el uso del canal Y de CMY y se aplicó un umbral obtenido por el método Otsu [9], después se etiquetaron las figuras de la imagen binaria final y se evaluaron las características de forma de cada una de estas para encontrar la etiqueta relacionada con el grano de café, se extrae la imagen binaria de solo el grano de café y finalmente se multiplica esta por la imagen original para obtener la imagen segmentada.

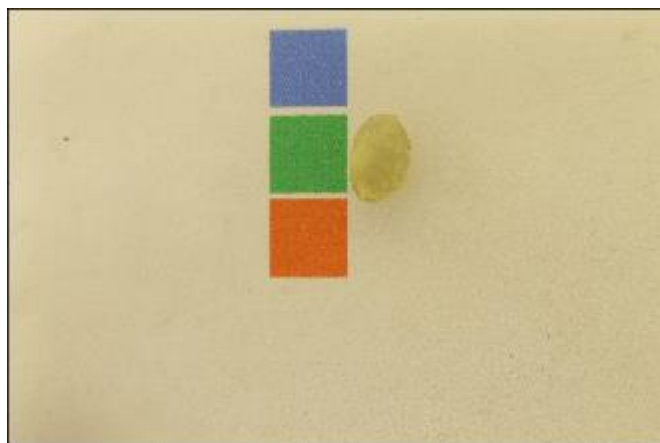


Imagen #. Imagen Original

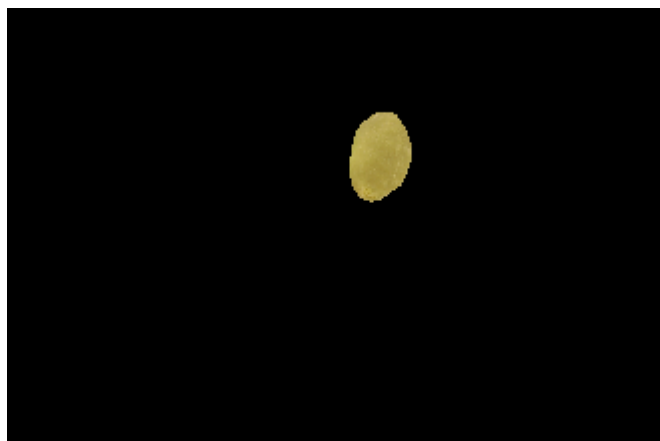


Imagen #. Grano de café segmentado

5 Extracción de características y clasificación

Para cada grano de café por medio de la imagen binaria se extraen características de forma que permitan determinar si el café contiene alguno de los 3 defectos (Broca, Arrugado o Mordido). Y de esta manera se implementa una red neuronal con 16 variables de entrada y la variable de salida (clasificación del grano) que tiene en cuenta todas las características que poseen los granos para tratar de predecir el tipo de defecto que poseen más adelante.

6 Resultados

7 Conclusiones

Si se quiere tener un sistema mucho más robusto claramente es mejor que la red neuronal pueda clasificar todos los 14 tipos de defectos, además que se tome en cuenta ambas caras del grano para mejorar la precisión de la predicción en el modelo, y para trabajos futuros se espera que los avances tecnológicos permitan que los caficultores colombianos puedan acceder a este tipo de tecnología para que puedan automatizar el proceso de selección de sus granos para optimizar el proceso y finalmente aumentar su producción. Para esto también es necesario que la máquina pueda procesar y seleccionar gran cantidad de granos en un periodo corto de tiempo.

8 Bibliografía

- [1] “Cómo se procesa el café: de la planta a la taza.” [Online]. Available: <https://www.cafescandelas.com/blog/como-se-procesa-el-cafe-de-la-planta-a-la-taza>. [Accessed: 30-Jun-2019].
- [2] J. Willian, B. Bedoya, J. Willian, B. Bedoya, and I. Senior, “- 2018 u,” no. Vc, 2018.
- [3] “Defectos de Café Verde | Café de Colombia.” [Online]. Available: http://www.cafedecolombia.com/clientes/es/regulacion_nacional/exportadores/2831_calidades_de_exportacion/. [Accessed: 30-Jun-2019].
- [4] P. J. Ramos Giraldo, J. R. Sanz Uribe, and C. E. Oliveros Tascón, “Identificación y clasificación de frutos de café en tiempo real, a través de la medición de color,” *Cenicafé*, vol. 61, no. 4, pp. 315–326, 2010.
- [5] J. M. Castrillón Cuervo, J. R. Sanz Uribe, and P. J. Ramos Giraldo, “Técnicas de Visión Artificial para la Identificación de Dos Defectos del Café Lavado,” *Cenicafé*, vol. 69, no. January 2019, 2018.
- [6] “CARACTERIZACIÓN DE CAFÉ CEREZA EMPLEANDO TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL Zulma Liliana Sandoval Niño 1 y Flavio Augusto Prieto Ortiz 2” vol. 60, no. 64, pp. 4105–4127, 2007.
- [7] K. D. J. BELEÑO SAENZ, S. M. Medina Ortiz, G. E. Martínez Llano, K. de J. Beleño Sáenz, and J. S. Berrio Pérez, “Clasificación de los frutos de café según su estado de maduración y detección de la broca mediante técnicas de procesamiento de imágenes,” *Prospectiva*, vol. 14, no. 1, p. 15, Feb. 2016.
- [8] W. A. Arévalo T., J. Bravo, P. Insuasty F., and D. Fernando, “Diseño e implementación de un prototipo de clasificador de café cereza usando redes neuronales,” *Univ. Nariño UDENAR 2009*, pp. 1–9, 2009.
- [9] “Otsu thresholding—image binarization - HBY coding academic - Medium.” [Online]. Available: <https://medium.com/@hbyacademic/otsu-thresholding-4337710dc519>. [Accessed: 28-Aug-2019].