

VISIÓN ARTIFICIAL: APLICACIÓN DE FILTROS Y SEGMENTACIÓN EN IMÁGENES DE HOJAS DE CAFÉ

ARTIFICIAL VISION: APPLICATION FILTER IN IMAGE SEGMENTATION AND LEAVES OF COFFEE

Luis Alberto Vives Garnique¹
Hever Iván Mejía Cabrera²
Kevin Leandro Vilcherrez Chavarry³
Marcelo Jesús Vassallo Barco⁴

Fecha de recepción: 09 junio 2014

Fecha de aceptación: 20 octubre 2014

Resumen

Se presentan los resultados obtenidos en el pre-procesamiento de imágenes digitales de hojas de café que incluye la eliminación de ruidos utilizando filtros suavizantes (Mediana, gaussiano) y filtros realzantes (Sobel, laplaciano, laplaciano de Gaussiano y HighBoost), posteriormente se realizó el proceso de segmentación basada en imágenes de hojas de café a escala de grises, teniendo mejores resultados usando los canales RG sin B para eliminar los bordes generados por la sombra de la imagen, finalmente para encontrar los bordes se usaron Sobel y Canny. Los resultados obtenidos se muestran comparando las técnicas utilizadas que sirven para futuras investigaciones basadas en caracterización y clasificación de hojas de café.

Palabras Claves: *Canales RG, segmentación, toma de imágenes, visión artificial.*

Abstract

The results obtained in the pre-processing of digital images of leaves coffee including noise removal using softening filters (Median, Gaussian) and enhancers filters (Sobel, Laplacian, Laplacian of Gaussian and HighBoost) Presented subsequently performed the segmentation process based on coffee leaf images to grayscale, having better results using the RG channels without B to remove the edges generated by the shadow of the image, finally finding Sobel and Canny edges were used. The results obtained are samples by the techniques which serve to further research based characterization and classification of coffee leaves.

Keywords: *Channels RG, segmentation, imaging, artificial vision.*

1. INTRODUCCIÓN

El café peruano debe de disminuir los costos de producción en el mediano y largo plazo para mantener su competitividad en el mercado Internacional; el mayor costo asociado a esta

¹ Adscrito a la Dirección de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas, Magister, Universidad Señor de Sipan, Pimentel, Perú, lavig17@crece.uss.edu.pe

² Adscrito a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas, Ingeniero de Sistemas, Docente de la Universidad Señor de Sipan, Pimentel, Perú, hmejiac@crece.uss.edu.pe

³ Adscrito a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas, Estudiante de Ingeniería de Sistemas, Estudiante de la Universidad Señor de Sipan, Pimentel, Perú, vchavarryk@crece.uss.edu.pe

⁴ Adscrito a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Sistemas, Estudiante de Ingeniería de Sistemas, Estudiante de la Universidad Señor de Sipan, Pimentel, Perú, vbarcom@crece.uss.edu.pe

producción está relacionado en el proceso agrícola, donde los agricultores tienen amplia gama de experiencia para la identificación de enfermedades, selección de frutos maduros y verdes, aunque esto realza la importancia social del café como generador de empleo, también indica la debilidad competitiva de la caficultura peruana debido a que los costos de producción actuales, la mano de obra empleada en la recolección, tiene una elevada participación (40% aproximadamente). Agraria – Revista Anual (2000). Siendo lo óptimo para mayor rendimiento y calidad apoyarse de aspectos técnicos. La administración de los cultivos de café requiere un monitoreo especializado cercano para el manejo de enfermedades que puedan afectar significativamente la producción y consecuentemente la vida después de la cosecha.

Desde el área de las ciencias de la computación como propuesta técnica aplicable a la ciencia agrícola y que tiene una gran perspectiva sobre todo en el campo de la proyección fitosanitaria, que últimamente conduce a la gestión de cultivos, se encuentra el procesamiento digital de imágenes, el cual engloba un conjunto de procedimientos que se aplican a las imágenes digitales con el objetivo de mejorar la calidad o facilitar la búsqueda de información. Proakis (1999), El análisis de imágenes puede ser empleado para los siguientes fines:

1. Para detectar enfermedades en la hoja, tallos y frutos.
2. Para cuantificar el área afectada por la enfermedad.
3. Para encontrar los límites del área afectada.
4. Para determinar el color del área afectada.
5. Para determinar el tamaño y forma de las frutas.
6. Para identificar el objeto correctamente.

Éste trabajo de investigación presenta un esfuerzo por sentar las bases para un adecuado pre-procesamiento digital de imágenes de hojas de café, lo que permitirá en futuras investigaciones caracterizar y clasificar para detectar deficiencias nutricionales a nivel foliar, enfermedades como la roya y sus variantes.

Dentro del pre-procesamiento digital de imágenes, se encuentra el proceso de filtrado cuyo objetivo fundamental es obtener, a partir de una imagen original, otra imagen cuyo resultado sea más adecuado para una aplicación específica, mejorando ciertas características de la misma que posibilite efectuar operaciones de procesado sobre ella.

Los principales objetivos que se persiguen con la aplicación de filtros son Ramírez (2010):

- Suavizar la imagen. Reducir la cantidad de variaciones de intensidad entre pixeles vecinos.
- Eliminar ruido. Eliminar aquellos pixeles cuyo nivel de intensidad es muy diferente al de sus vecinos y cuyo origen puede estar tanto en el proceso de adquisición de la imagen como en el de transmisión.
- Realzar bordes. Destacar los bordes que se localizan en la imagen. Detectar bordes. Detectar los pixeles donde se produce un cambio brusco en la función intensidad.

Por tanto, se consideran los filtros como operaciones que se aplican a los pixeles de una imagen digital para optimizarla, enfatizar cierta información o conseguir un efecto especial en ella. El proceso de filtrado puede llevarse a cabo sobre los dominios de frecuencia y/o espacio Tianhu (2010).

2. METODOLOGÍA

2.1 ADQUISICIÓN Y ADECUACIÓN DE IMAGENES DE HOJAS DE CAFÉ.

2.1.1 ADQUISICIÓN DE LAS IMÁGENES

Las imágenes de laboratorio han sido adquiridas usando una cámara digital estándar, se han controlado las condiciones de iluminación para evitar brillos y sombras en las imágenes de hojas de café. Además de controlar las condiciones de iluminación, también se ubicaron las hojas de café sobre fondos de diferentes colores (negro, gris y blanco) con el fin de observar las variaciones en los resultados de los algoritmos. Las imágenes resultantes tienen tres componentes de color: RGB (Red, Green, Blue). La **figura 1** muestra el resultado de la adquisición de una imagen de hoja de café, por el método propuesto.



Figura1

Imagen Original de hoja de café

2.1.2 ALGORITMOS PARA LA ADECUACIÓN DE LAS IMÁGENES

El objetivo de la adecuación de una imagen es disminuir el ruido presente en la imagen y realzar las características de interés como los bordes. Para lograr esto se utilizan: Filtros suavizantes, para disminuir el ruido generado por diferentes factores, como no uniformidad de color de las hojas de café, y filtros realzantes para mejorar las características de interés de la imagen, como los bordes de las hojas de café.

a) Filtros suavizantes

Estos filtros atenúan las componentes de alta frecuencia presentes en la imagen, las cuales son responsables de los bordes y de los detalles finos, por este motivo utilizados para la reducción de ruido. M.C. (2011).

b) Filtro de Mediana

Para calcular la mediana de un conjunto de valores estos se debe arreglar en orden ascendentes, el color que se situó en la mitad de dicho arreglo es la mediana del conjunto. Para el caso de una imagen dicho arreglo se toma de un entorno de tamaño de 3x3 alrededor del pixel que se analiza. La figura 2 presente el resultado de aplicar un filtro de mediana de tamaño 3x3.



Figura 2
Imagen de hoja de café, despues de aplicar un filtro de mediana de tamaño 3x3

c) Filtro Gaussiano

Este filtro tiene un mejor desempeño que el filtro de mediana. El filtro gaussiano en dos dimensiones tiene la forma:

$$G(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

Donde σ es la desviación estándar de la distribución y se ha asumido una mediana igual a cero. En la Figura 3 se observa el efecto de la variación del valor de desviación del filtro gaussiano, se observa la disminución de nitidez de la imagen y por lo tanto la perdida de los detalles finos y los contornos.



(a) Imagen de hoja de café, despues de aplicarun filtro de Gaussiano de tamaño YxY $\sigma = 0.6$



(b) Imagen de hoja de café, despues de aplicarun filtro de Gaussiano de tamaño YxY $\sigma = 1.0$

Figura 3

Imagen de hoja de café, despues de aplicarun filtro gaussiano

d) Filtros realzantes

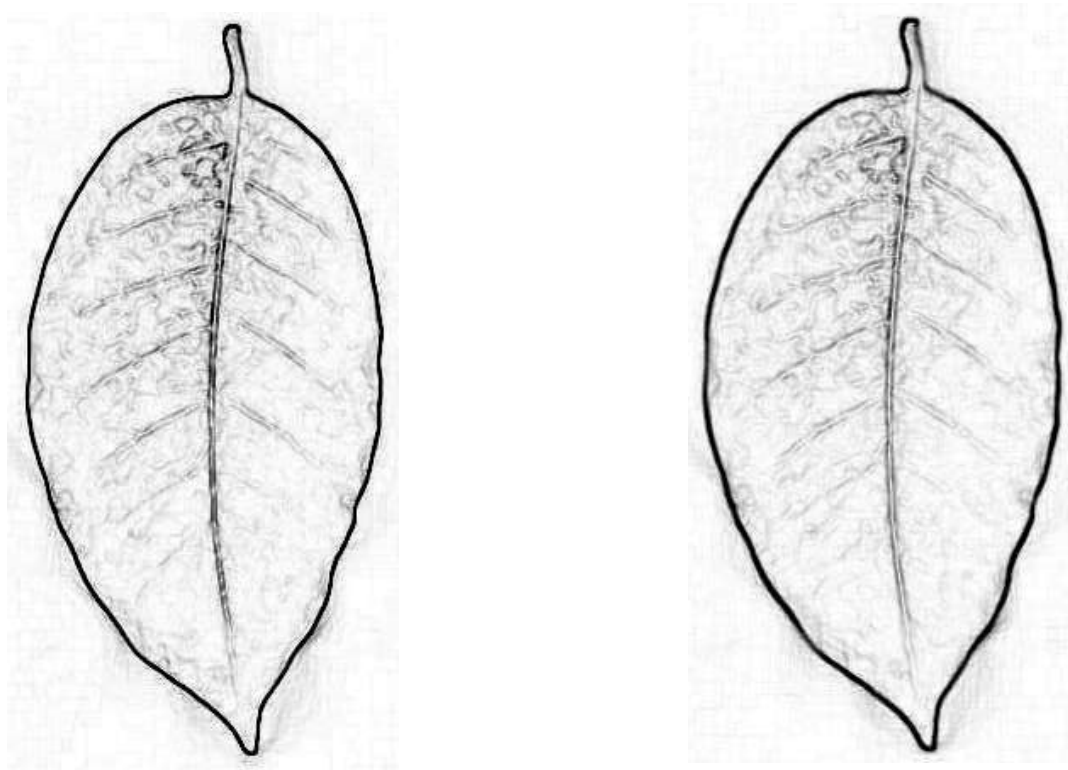
El objetivo principal de estos filtros es destacar los detalles finos de la imagen, una de sus aplicaciones más importantes es la detección de bordes. En esta investigación se utilizará el filtro Sobel, Laplaciano Gaussiano y HighBoots. Revathi (2012).

d.1) Filtro de Sobel.

Este operador se basa en el concepto de gradiente de una función f en el punto de coordenadas (x, y) se define como el vector: Wang (2014).

$$\nabla f = \begin{bmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} G_x \\ G_y \end{pmatrix} \quad (2)$$

Tanto la magnitud como la dirección del gradiente son de importancia en la detección de bordes. La magnitud del gradiente está dada por $|\nabla f| = [G_x^2 + G_y^2]^{\frac{1}{2}}$ y su dirección por: $\alpha(x, y) = \tan^{-1} \left(\frac{G_y}{G_x} \right)$. La figura 4 muestra el resultado de aplicar el filtro de Sobel a la componente R de las imágenes suavizadas con un filtro de Mediana y un Filtro Gaussiano.



(a) Imagen de hoja de café, filtrada previamente por filtro mediana

(b) Imagen de hoja de café, filtrada previamente por filtro gaussiano $\sigma = 1.0$

Figura 4

Imágenes de hoja de café, Aplicando Sobel sobre la componente R filtrada

d.2) Filtro Laplaciano

El laplaciano de una función bidimensional $f(x, y)$ es una derivada de segundo orden definida por Proakis (1999):

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (3)$$

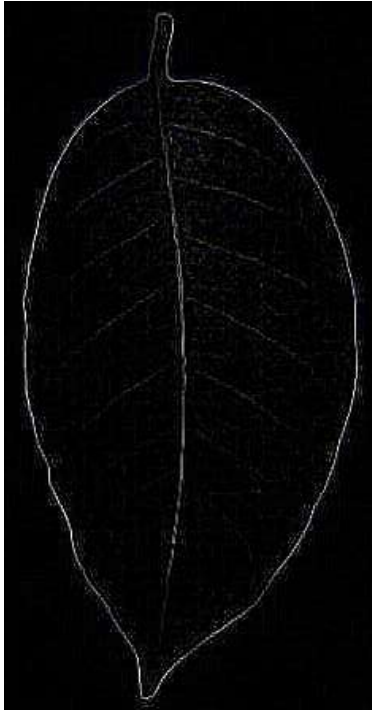
Este Operador es poco utilizado para la detección de bordes debido a que es extremadamente sensible al ruido, produce bordes dobles y no brinda información sobre la dirección del borde. Sin embargo, es frecuentemente utilizado en combinación con un filtro gaussiano, aprovechando sus propiedades de cruce por cero. Esta combinación produce un mejor detector de bordes llamado Laplaciano de Gaussiano (LoG).

d.3) Filtro Laplaciano de Gaussiano (LoG)

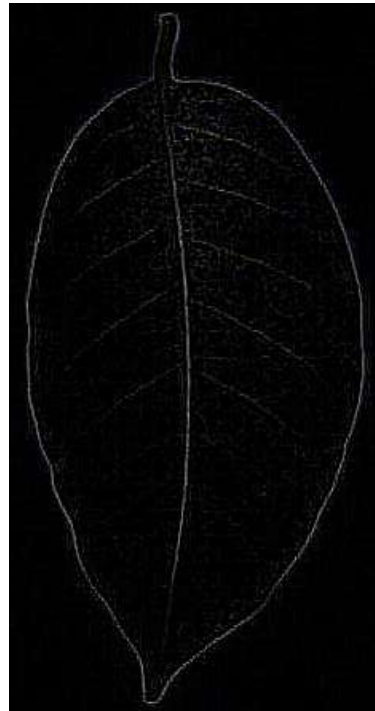
Este detector de bordes aprovecha la propiedad de suavizado de un filtro gaussiano y la característica de cruce por cero del Laplaciano, mejorando la respuesta del operador Laplaciano gracias a la disminución de ruidos producida por el filtro gaussiano. Los parámetros de este detector (pesos de la máscara de convulsión), se calculan utilizando la siguiente expresión Lin (2008):

$$G(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left(1 - \frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (4)$$

En la figura 5 se presenta el resultado de aplicar el filtro de LoG a la componente R de la imagen suavizada con un filtro de Mediana y un filtro Gaussiano.



(a) Imagen de hoja de café, filtrada previamente por filtro de la mediana



(a) Imagen de hoja de café, filtrada previamente por filtro Gaussiano

Figura 5

Imagen de hoja de café, Aplicando Laplaciano de Gaussiano sobre la componente R filtrada

E) Segmentación de hojas de café

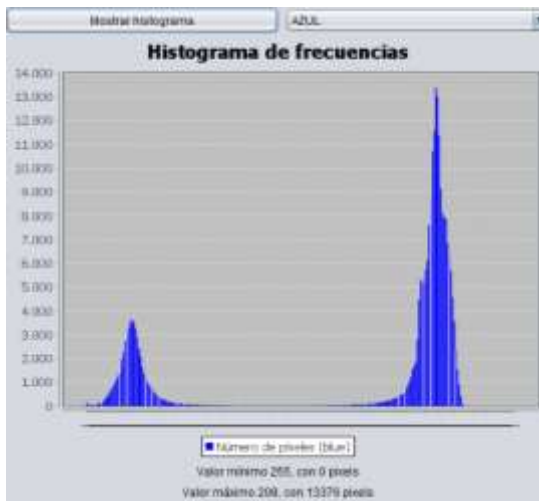
La segmentación es una etapa determinante en un sistema de visión artificial. El objetivo de esta etapa es aislar los objetos de interés, para luego realizar el análisis de sus características. Los algoritmos desarrollados están basados en las propiedades locales de color. Es importante que el algoritmo utilizado para el análisis de esta propiedad permita desacoplar la información de color de la de brillo, por esta razón se utilizó la segmentación basada en imágenes de hojas de café a escala de grises, teniendo mejores resultados usando los canales RG sin B para eliminar los bordes generados por la sombra de la imagen.



(a) Imagen de hoja de café, filtrada previamente



(b) Histograma del canal R (Rojo) de la imagen de hoja de café



(c) Histograma del canal B (azul) de la imagen de hoja de café



(d) Histograma del canal G (verde) de la imagen de hoja de café

Figura 6

Histogramas de los componentes RGB de la Imagen de hoja de café en el espacio de color RGB



(a) Imagen de hoja de café, sin el componente de color B (Azul)

(b) Identificación automática de las regiones de la hoja de café y del fondo de la imagen

(c) Imagen de hoja de café, segmentada automáticamente

Figura 7

Proceso de segmentación automática de la imagen de hoja de café

3. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados del proceso de filtrado y segmentación de hojas de café, con el fin de evaluar el desempeño de los algoritmos, se probaron diferentes métodos de preproceso y se calculó el falso rechazo y la falsa aceptación. El falso rechazo indica el porcentaje de píxeles pertenecientes a las hojas que no fueron segmentadas. Ambos porcentajes son calculados con respecto al tamaño de la hoja medida en píxeles. Los métodos de preproceso utilizados son:

- Mediana-Sobel (Umbral 60-120)
- Mediana-laplaciano de Gaussiano (Umbral 20-80)
- Mediana-HighBoost(Ganancia 1.03-1.06)
- Mediaja- LoG- LoG (Umbral 20-80, Sigma1 2.3; Sigma2 1.5)
- Gauss (Sigma 0.5-2.5) – Sobel (Umbral 60-90)
- Gauss (Sigma 0.5-1.5) – Laplaciano de Gaussiano (Umbral 20-80, Sigma 2) (Umbral 20-30, Sigma 2.5)
- Gauss (Sigma 0.5 – 2.5) – HighBoost (Ganancia 1.03 – 1.06)
- Gauss (Sigma 0.5-1.5) – LoG – LoG (umbral 40-80, Sigma1 2.3, Sigma2 1.5)

El valor del umbral se incrementó 10 unidades cada vez, el valor sigma 0.5 unidades y la ganancia del filtro de HighBoots 0.01 unidades. El número total de combinaciones fue de 114.

En la **tabla 1** se muestra los resultados más sobresalientes obtenidos al aplicar los algoritmos a 103 imágenes de hojas de café.

Tabla 1
Mejores índices de desempeño del algoritmo

Combinación	<i>m. FR</i>	<i>σ. FR</i>	<i>m. FA</i>	<i>σ. FA</i>
Med-LoG				
<i>μσLoG</i>				
40_2	26.87	11.75	5.8	5.91
50_2	24.85	13.36	7.09	9.28
60_2	25.26	19.5	5.65	2.56
70_2	26.79	25.04	6.33	5.18
Gauss-Sob				
<i>μ σ G</i>				
60_0.5	32.92	9.08	4.56	4.56
Gauss-LoG				
<i>μσLoG σ G</i>				
40_2_1	26.91	12.79	6.09	8.99

La columna 1 presenta las combinaciones que brindaron mejores resultados: Mediana con el Laplaciano de Gaussiano (Med-LoG), Gauss con Sobel (Gauss-Sob) y Gauss con el Laplaciano de Gaussiano (Gauss-LoG). La nomenclatura utilizada indica los valores de los parámetros Sigma del filtro Gaussiano σG , Sigma del Laplaciano de Gaussiano σLoG y el umbral usado para la binarización de la imagen de bordes μ . Las demás columnas indican: el porcentaje promedio del Falso Rechazo (***m.FR***), la desviación del Falso Rechazo (***σ.FR***), el porcentaje promedio de la Falsa Aceptación (***m.FA***) y la desviación de la Falsa Aceptación (***σ.FA***) respectivamente.

La combinación Mediana con Laplaciano de Gaussiano funciona mejor que las demás combinaciones, debido a la menor sensibilidad del filtro de mediana a la textura de las hojas de café y a la sensibilidad del Laplaciano de Gaussiano a los contornos. Otras de las combinaciones que podrían llegar a funcionar con índices de desempeño superiores a 60% es la de Gauss con Laplaciano de Gaussiano.

4. CONCLUSIONES

- En este trabajo se han presentado diferentes técnicas de pre procesamiento de imágenes propias de la visión Artificial, como son filtros suavizantes, realzantes, segmentación de hojas de café.
- Los algoritmos para la adecuación de la imagen desarrollados permiten mejorar la imagen, con la finalidad de poder obtener una mejor segmentación de la hoja de café.
- Los métodos de preprocesamiento utilizados demuestran que la Mediana con laplaciano de Gaussiano detecta en la mayoría de casos analizados hasta aproximadamente un 95% de la hoja de café.
- La implementación de los algoritmos robustos de bordes y la separación de regiones son de gran importancia para lograr una mejor segmentación. Se debe mejorar el proceso de adquisición de imágenes, haciendo énfasis en la iluminación.
- Finalmente, después de esta primera exploración se concluye que la visión artificial es una herramienta que puede ser utilizada en muchas etapas del proceso del café, como son: detección

de deficiencias nutricionales por medio de color y forma de las hojas, detección de enfermedades en las hojas, pronósticos de cosecha, tiempo de cocción del grano de café, selección de granos maduros y verdes en el área de calidad.

5. REFERENCIAS

- S. N. d. S. Agraria, «Revista Anual,» *Agroindustria*, 2000.
- I. y. M. D. Proakis, Tratamiento Digital de Señales, España: Prentice Hall. 3ra Edicion ISBN 84-8322-000-8, 1999.
- A. Ramírez, «“Diseño de Filtros Digitales Aplicados a Antenas Inteligentes”,» *Universidad Autónoma de Baja California*, p. 101, 2010.
- M. X. W. G. e. a. Yu Tianhu, «Optimal algorithm for gradient based on edge detection, Application research of computers,» vol. 27, pp. pp. 361-364, Jan. 2010.
- M. C. a. M. K. K. S. Das, «MEDICAL IMAGE FUSION BASED ON RIPPLET TRANSFORM TYPE-I,» *Progress In Electromagnetics Research B*, Vol. 30, 355-370, 2011.
- P.Revathi y M.Hemalatha, «Classification of Cotton Leaf Spot Diseases Using Image Processing Edge Detection Techniques,» *International Conference on Emerging Trends in Science, Engineering and Technology*, nº ISBN : 978-1-4673-5144-7/12/ © 2012 IEEE, 2012.
- Y. M. W. W. N. Wang, «An Image Fusion Method Based on NSCT and Dual-channel PCNN Model,» *JOURNAL OF NETWORKS*, VOL. 9, NO. 2, FEBRUARY 2014.
- X.-f. Z. W. Li, «A new algorithm of multi-modality medical image fusion based on pulse-coupled neural networks,» *Advances in Natural Computation*, Springer, 2005, pp. 995–1001..