

## **Efecto del tiempo y temperatura en el color generado por el proceso de tostado del café evaluado con la metodología de superficie de respuesta**

---

Jimmy F. Oblitas C., Wilson M. Castro S. y Hugo R. Vargas P.

### **Introducción**

En promedio el 95% de la producción nacional cafetalera es destinada a la exportación y el resto al consumo interno, el café es una importante fuente generadora de empleo y demandante de insumos, bienes y servicios, a lo largo de toda la cadena de valor (productores, comerciantes, acopiadores, transportistas, distribuidores, tostadores, comerciantes grandes y pequeños, administradores, entidades financieras, exportadores, técnicos y profesionales en todos los sectores mencionados, tostaderías, cafeterías, así como la agroindustria, entre otros). Siendo fuente de empleo para 123 mil familias que equivalen a 1 millón peruanos. Desde el año 1992 hasta el año 2001 se apreció un mayor incremento de las áreas y de los volúmenes de producción nacional (Abad, 2003). Con respecto al café tostado se pretende conocer los factores que determinan su procesamiento como el tiempo y temperatura que dependen del café a tostar por lo cual se intenta estudiar la temperatura y el tiempo apropiados para este fin evaluando el cambio de coloración de los granos tostados mediante el análisis de las imágenes por computadora. A este análisis de imágenes se le denomina visión artificial que es una herramienta eficaz en el desarrollo de diferentes tareas, ya que las imágenes digitales permiten la extracción de características cuantitativas y cualitativas de los objetos tales como la forma, tamaño y color (Sandoval, 2003). Este trabajo pretende servir de referencia a todo aquel que desee investigar acerca de la aplicación de los sistemas de visión por computadora en el control mediante color de alimentos y en especial de café tostado.

### **Metodología**

#### ***Materiales***

Para este proyecto se utilizó café, variedad típica procedente de Rodríguez de Mendoza, con humedad del 12%, el cual fue trillado, seleccionado, tostado y molido en la planta de tostado de la Cooperativa Agraria Rodríguez de Mendoza.

*Métodos.* El desarrollo de la experimentación se dividió en las siguientes fases: a) diseño y construcción de un sistema para la adquisición de imágenes y elaboración de un

programa para el análisis de las imágenes obtenidas, b) obtención de muestras de café en diferentes condiciones de torrefacción, c) adquisición, digitalización y determinación de parámetros de color de muestras de café, d) análisis estadístico.

## Resultados y discusión

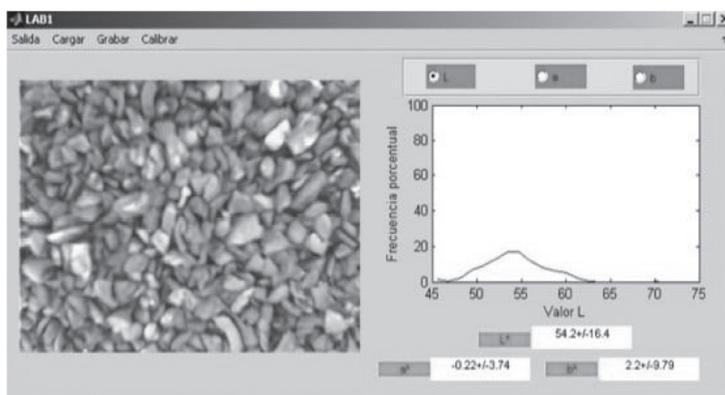
### Construcción del hardware

Para contener los componentes del sistema se construyó una estructura de madera, que permite el acondicionamiento de las luminarias y la cámara. La parte interna como externa fue pintada con esmalte color blanco para favorecer el funcionamiento del sistema.

### Adquisición y procesamiento de imágenes

El sistema implementado y operativo se usó para desarrollar las pruebas con muestras de café sometidos a tratamientos de acuerdo al diseño experimental para la superficie de respuesta.

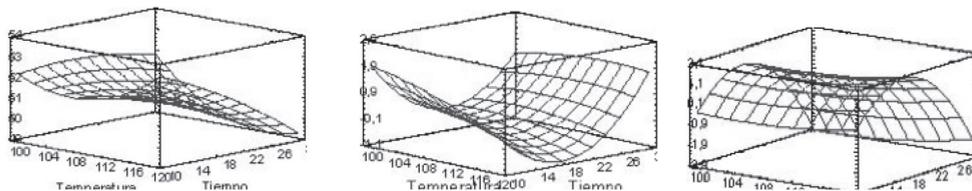
Figura 1  
Resultado obtenido mediante la aplicación del software



Fuente: Elaboración propia.

Mediante los valores obtenidos de las componentes del espacio de color CIE-L\*a\*b\* de imágenes de café tostado a temperatura: 120° C, tiempo: 10 min., malla #100 nos sirven para extraer el histograma de L, a y b. En la figura 2 se aprecia la forma que toma la L, a y b con respecto al tiempo y la temperatura observándose que a medida que estos son mayores el valor de L disminuye concordando con el cambio de color a tonos oscuros.

Figura 2  
Superficies de respuesta estimada de L en malla 55



Las ecuaciones encontradas son:

$$L = 50.35 - 0.1675 * \text{Tiempo} - 0.00125 * \text{Tiempo}^2$$

$$a = 10.03 - 1.5435 * \text{Tiempo} + 0.04145 * \text{Tiempo}^2$$

$$b = -26.105 + 3.74975 * \text{Tiempo} - 0.099775 * \text{Tiempo}^2$$

El color es el parámetro más empleado para establecer el nivel de tostado del café, por lo corroborado con este trabajo se puede utilizar este sistema al momento de evaluar la calidad del producto final. Para la medición del color en el café existe instrumentación específica, colorímetros comerciales desarrollados exclusivamente para esta aplicación (Jiménez, 2011). Pero su costo elevado y complicado sistema los hacen inasequibles. Los procesos que se llevaron a cabo concuerdan con los empleados en la medida instrumental del color en el café tostado que se basa en el principio de la espectroscopia de reflectancia. Para obtener una medida comparable de la intensidad lumínica por variación de colores (Pardo, 1990). El café tostado y molido es tamizado por debajo de la malla de 500  $\mu\text{m}$ , (NTC 2442). Se mide por medio de unidades conocidas como  $L^*$  que indican el grado de luminosidad (claro-oscuro) que posee la muestra (Parra, 1988).

## Conclusiones

- Es factible desarrollar el sistema para obtención de valores numéricos de los parámetros de color del espacio CIE- $L^*a^*b^*$  en el café tostado.
- Existe relación estadísticamente significativa entre el valor de L respecto al tiempo para un nivel de confianza del 99%. Mostrando la relación polinomial de segundo orden  $L = 50.35 - 0.1675 * \text{Tiempo} - 0.00125 * \text{Tiempo}^2$  Corroborando que el café a medida que transcurre el tiempo el café adquiere tonalidades oscuras.
- Mediante la estimación de los valores de las componentes del espacio de color CIE- $L^*a^*b^*$ , se logra generar la superficie de respuesta para cada componente apreciándose que los valores de L y b disminuyen y los valores de a aumentan a medida que se incrementa el tiempo y temperatura evidenciando el cambio de color.
- El sistema implementado presenta aplicaciones en la comparación de variaciones de color entre muestras en la evaluación de estados de tueste de café y la transformación de resultados de coordenadas de color de imágenes que puede ser aplicado en la determinación de características físicas de calidad, siendo la mayor ventaja el su bajo costo.

## Referencias

- Abad, L.  
2007 "Oferta y demanda de café y su dependencia con el mercado internacional". Tesis de la Universidad San Martín de Porres.
- Arévalo, P.  
2010 "Visión Artificial". Vía Enterprise. Ecuador.
- Fernández, N.  
2011 "Características de la imagen digital". Slideshare. <http://www.slideshare.net/maixu61/caracteristicas-de-la-imagen-digital>
- Gonzalez-Miret, M. L., Ji, W., Luo, R., Hutchings, J., Heredia, F.J.  
2007 "Measuring colour appearance of red wines". *Food Quality and Preference*, 18: 862-871.
- Jiménez-Ariza, H.  
2001 *Estudio de técnicas para la supervisión de calidad y clasificación de granos de café tostado: análisis de nuevas tecnologías*. Portugal: Universidad de Évora.
- Lumbreras, H., Cantella, R., Burga, R.  
1962 "Acerca de un procedimiento de sedimentación rápida para investigar huevos de *Fasciola hepatica* en heces, su evaluación y uso en el campo". *Revista Médica Peruana*, 31: 167-174.
- Márquez, D.  
2003 "Resistencia a los antihelmínticos: origen, desarrollo y control". *Corpoica*, 1: 55-71.
- Mitchell, G. B., Maris, L.  
1998 "Triclabendazole-resistant liver fluke in Scottish sheep". *Vet. Record*, 143: 399.
- Moll, L., Gaasenbeek, C. P., Vellema, P., Borgsteede, F.H.  
2000 "Resistance of *Fasciola hepatica* against Triclabendazole in cattle and sheep in the Netherlands". *Vet. Parasitol*, 91: 153-158.
- Ortiz, O., Castope, N., Cabrera, M., Farías, C., Álvarez, L., Suárez, G., Lanusse, C.  
2011 "Comparative systemic availability of Triclabendazole after administration of different and formulations in dairy cattle". XXIII World Association for the advancement of Veterinary Parasitology. Buenos Aires.
- Ortiz, P., Cabrera, M., Jave, J., Claxton, J., Williams, D.  
2000 "Human fascioliasis: prevalence and treatment in a rural area of Peru". *Inf. Dis. Rev.* 2: 42-46.
- Overend, D. J., Bowen, F.L.  
1995 "Resistance of *Fasciola hepatica* to Triclabendazole". *Aust Vet J*, 72: 275-276.
- Padrón Pereira, C. A.  
2009 "Sistema de visión computarizada y herramientas de diseño gráfico para la obtención de imágenes de muestras de alimentos segmentadas y promediadas en coordenadas CIE-L\*a\*b\*". *Agronomía Costarricense*, 33(2): 283-301.
- Pardo, A. I.  
1990 *Contribución al estudio fisicoquímico del café durante el proceso de torrefacción*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Parra Espinosa, G.  
1988 *Evaluación de aspectos físicos y químicos del café, con fines normativos de control de calidad para Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Prieto Duarte, Y.A.  
2002 "Caracterización física de café semitostado". Tesis. Bogotá.

Quilmes, U.

- 2005 "Aspectos de un sistema de visión artificial". <http://iaci.unq.edu.ar/materias/vision/archivos/apuntes/Aspectos%20de%20un%20Proyecto%20de%20Visi%C3%B3n%20Artificial.pdf>

Rabanal Lara, P.C.

- 2002 "Estudio de producción del café orgánico en el Perú". Universidad de San Martín de Porres.

Romero, J., Boero, C., Vásquez, R., Aristizábal, M. T., Baldo, A.

- 1998 *Estudio de la resistencia a antihelmínticos en majadas de la Mesopotamia argentina. Rev. Med. Vet.* 70: 342-346.

Salcedo Pacheco, L.

- 1996 "Propiedades térmicas del café en el proceso de torrefacción". Tesis de ingeniería química de la Universidad América-Bogotá.

Sandoval Niño, Z. L.

- 2006 "Caracterización y clasificación de café cereza usando visión artificial". Tesis de la Universidad Nacional de Colombia.

Sivetz, M.

- 1979 *Coffee Processing Technology*. London: AVI Publishing.

Valencia, E.

- 2007 "Procesado de imagen digital en color: adquisición, análisis colorimétrico y realce". Tesis del Departamento de Óptica y Optometría de la Universidad Politécnica de Catalunya.