

Caracterización de cafés torrefactados, provenientes del ecotopo E-220A

Characterization of roasted coffees from the ecotopo E-220A

Díaz, P¹; Riaño, C.E²

Trabajo complementario a la tesis. Efectos de la altitud sobre la calidad del café torrefactado (Coffea arábica L. Var. Colombia) producido en los municipios de Buesaco y la Unión – Depto de Nariño, pertenecientes al ecotopo E – 220 A

Resumen

Antecedente. Los ecotopos son entornos con condiciones edafológicas, acuíferas, y ambientales bien definidas, en las cuales se producen granos con características de calidad que cautivan mercados locales e internacionales. **Objetivo.** Correlacionar fisicoquímicamente café crudo y torrefactado proveniente de 2 zonas del Ecotopo_E-220A. **Materiales y método.** La investigación, se desarrolló en cuatro etapas con cafés variedad Colombia de tipo supremo y extra especial, provenientes del departamento de Nariño de los municipios de La Unión y de Buesaco, siguiendo un diseño experimental de bloques al azar con análisis multivariado, complementado con la técnica de componentes principales. **Resultados.** Se correlacionaron las zonas de estudio con las características intrínsecas del café crudo_ mayor altura, color verde intenso, granos grandes más uniformes y de mayor acidez titulable. Y a menor altura mayor contenido de lípidos. Los cafés de la zona 2_ mayor altura_ tienen menor acidez titulable, menor contenido de lípidos, presentan la mayor pérdida de estos durante la torrefacción y genera cafés torrefactados de color entre medio y medio ligero. La zona 1 por el mayor contenido de lípidos genera cafés más aromáticos. Igualmente, con la metodología de componentes principales se determinó que la de pérdida de peso en café tostado, los carbohidratos y la densidad aparente explican el primer componente en 0.846, 0.745, 0.845 respectivamente y el segundo componente agrupa al contenido de lípidos en 0.801 y el contenido de proteína cruda en 0.620.

Palabras claves: Coffea arábica, variedad Colombia, altura dominante, suelo, características físicas, análisis de componentes principales.

Abstract

Background. Ecotopos are environments with well-defined soil, aquifer and environmental conditions, in which grains with quality characteristics are produced that captivate local and international markets. **Objective.** Physically and chemically correlate raw and roasted coffee beans from 2 zones of Ecotopo E-220A. **Materials and methods.** The research was carried out in four stages with Colombian varieties of supreme and extra special type, from the department of Nariño

1. Ingeniero de Alimentos_ Programa de Ingeniería de Alimentos, ECBTI_ Universidad Nacional Abierta y a Distancia.

2. Doctor en Educación en Tecnología Instruccional y Educación a Distancia de Nova Southeastern University - NSU, Florida - USA. Magister en Ciencias de la Ingeniería, Universidad de los Andes - Colombia. Ingeniero Químico, Universidad de América. Docente asociado de la ECBTI de la UNAD - Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá, Colombia. Integrante del Grupo de Investigación Social-GIS, de la UNAD.

of the municipalities of the Union and Buesaco, following an experimental design of random blocks with multivariate analysis, complemented with the technique of main components. **Results.** The study areas were correlated with the intrinsic characteristics of raw coffee - higher height, intense green color, larger, more uniform grain and higher titratable acidity. And at lower height, higher lipid content. The coffees of zone 2_ greater height_ have lower titratable acidity, lower lipid content, they present the greater loss of these during the roasting and generates roasted cafes of color between medium and light medium. Zone 1 due to its higher content of lipids produces more aromatic coffees. Likewise with the main components methodology it was determined that the loss of weight in roasted coffee, carbohydrates and apparent density explain the first component in 0.846, 0.745, 0.845 respectively and the second component groups the lipid content in 0.801 and The crude protein content at 0.620.

Keywords: Coffea arabica, Colombia variety, Dominant height, Soil, Physical characteristics, Principal component analysis.

Introducción

Para CENICAFE (Centro Nacional de Investigación del Café), un ecotopo cafetero es una región agroecológica delimitada geográficamente, teniendo en cuenta condiciones predominantes de clima, suelo y relieve donde se obtiene una respuesta biológica similar del cultivo del café (1, 2, 3, 4). Varios autores (4, 5, 6, 7) señalan que las condiciones de calidad de cualquier café son establecidas por diferentes factores como los suelos donde se cultiva el grano, la ubicación geográfica, la pluviosidad, las prácticas de cultivo y el proceso de beneficio que se lleve a cabo en la finca. En consonancia con lo anterior (8, 9, 10, 11, 12, 13, 28) argumentan que la composición química del grano de café depende de la especie y la variedad cultivada. Igualmente explicitan que se deben considerar otros factores como la ubicación del cultivo, la altitud, la fertilidad del suelo, las condiciones atmosféricas, el grado de maduración y las condiciones de almacenamiento. En la misma dirección (15, 16, 17) encuentran diferencias de los compuestos solubles en agua como la sacarosa y otros oligosacáridos, ácidos clorogénicos, ácidos no volátiles, alcaloides (cafeína, trigonelina), proteínas y aceites dependiendo de la zona de cultivo. Además, en (11, 12, 21, 22, 24, 28) aseguran que el café cultivado a diferentes altitudes y/o condiciones edafológicas es de calidad superior.

Información que no se tiene para este ecotopo. Y dado el interés de los comités de cafeteros zonales del departamento de Nariño para comercializar estos cafés, se realizó este trabajo. Razones por las cuales el objetivo de este estudio fue dar respuesta a la pregunta: ¿Cuáles y cómo están relacionadas las variables físicas y químicas del café tostado, obtenido de café crudo proveniente de 2 zonas del ecotopo E-220?

Materiales y metodos

Las fincas se encuentran ubicadas en los municipios de La Unión, - finca el Placer y en Buesaco, - finca Villa Beatriz; las 2 fincas emplean prácticas artesanales y su producción es limpia. La recolección de los granos maduros se hace de manera manual, el beneficio es húmedo con agua de fuentes naturales y secado a la luz del sol de forma artesanal. Ver Tabla 1 y Figura 1.

Tabla 1. Información general de las fincas de estudio.

Zonas	Departamento	Municipio	Finca	Variedad	Altitud (m.s.n.m.)*
1	Nariño	La Unión	El Placer	Colombia	1.931
2	Nariño	Buesaco	Villa Beatriz	Colombia	2.100



Figura 1. Mapa del Departamento de Nariño (Colombia). Tomado de (2).

Muestreo. El trabajo experimental se llevó a cabo con cafés variedad Colombia de una misma cosecha. Las muestras se tomaron de distintos arbores de café, considerando solo granos maduros, los cuales se beneficiaron en húmedo y se secaron al sol. Posteriormente se trillaron y se seleccionaron granos de tipo supremo y extra especial de la variedad Colombia por cada zona, con humedades entre

10% y 12% (13). Las muestras fueron almacenadas herméticamente hasta su procesamiento en las instalaciones de la planta piloto de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) en la ciudad de Bogotá.

La torrefacción, se efectuó en un tostador TC – 150 RG de tambor horizontal con capacidad máxima de 150 gr. El calentamiento es por medio de resistencias eléctricas, proporciona una tostación limpia y libre de humos. Cada torrefacción se realizó por triplicado, utilizando 100 gramos de una mezcla conformada por 50% de café supremo y 50% de café extra especial. Cada muestra fue empacada y rotulada antes y después de cada torrefacción.

Diseño estadístico. Se siguió un diseño completamente al azar (14) cada finca represento un tratamiento determinado por la región, altura y variedad.

Variables de respuesta. Acidez titulable, % extracto etéreo, % fibra cruda, carbohidratos, % nitrógeno total, % proteína cruda, humedad, densidad por compactación, contenido de lípidos, color, y pérdida de peso, como se muestra en la Figuras 2, 3, 4 y la Tabla 2.

SEGUNDA FASE. CONTROL DE CALIDAD DEL CAFÉ DE ESTUDIO (NARIÑO)

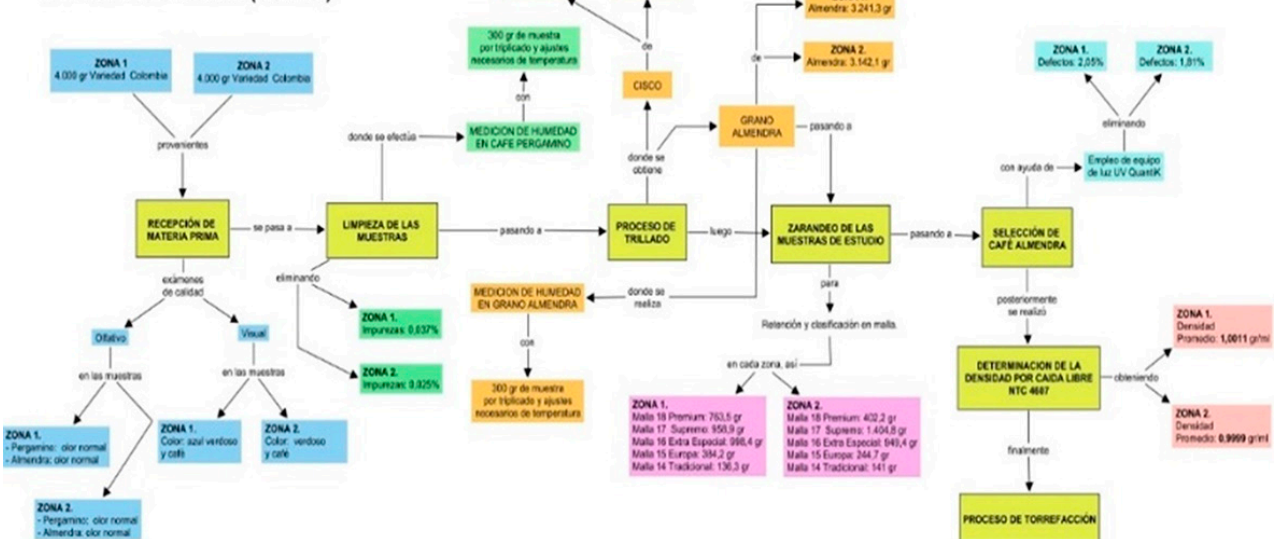


Figura 2. Control de calidad de las muestras de estudio. Zonas 1 y 2_E-220A.

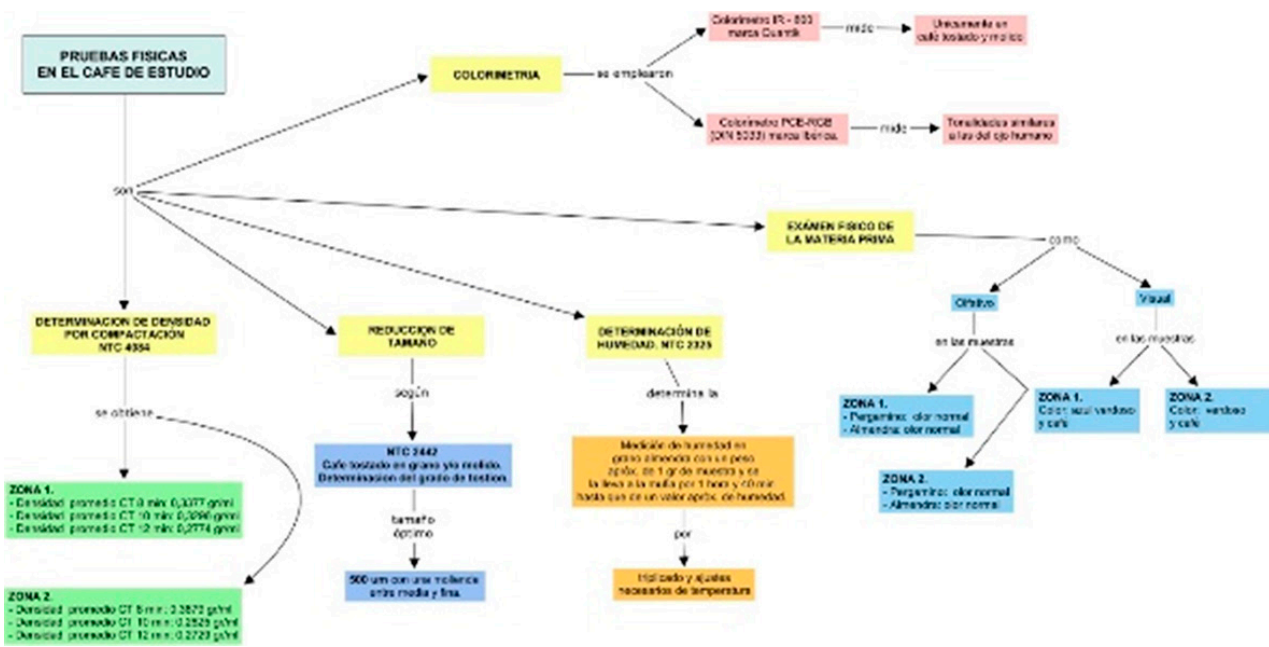


Figura 3. Pruebas físicas en café tostado y molido _Zonas 1 y 2_ E-220A.

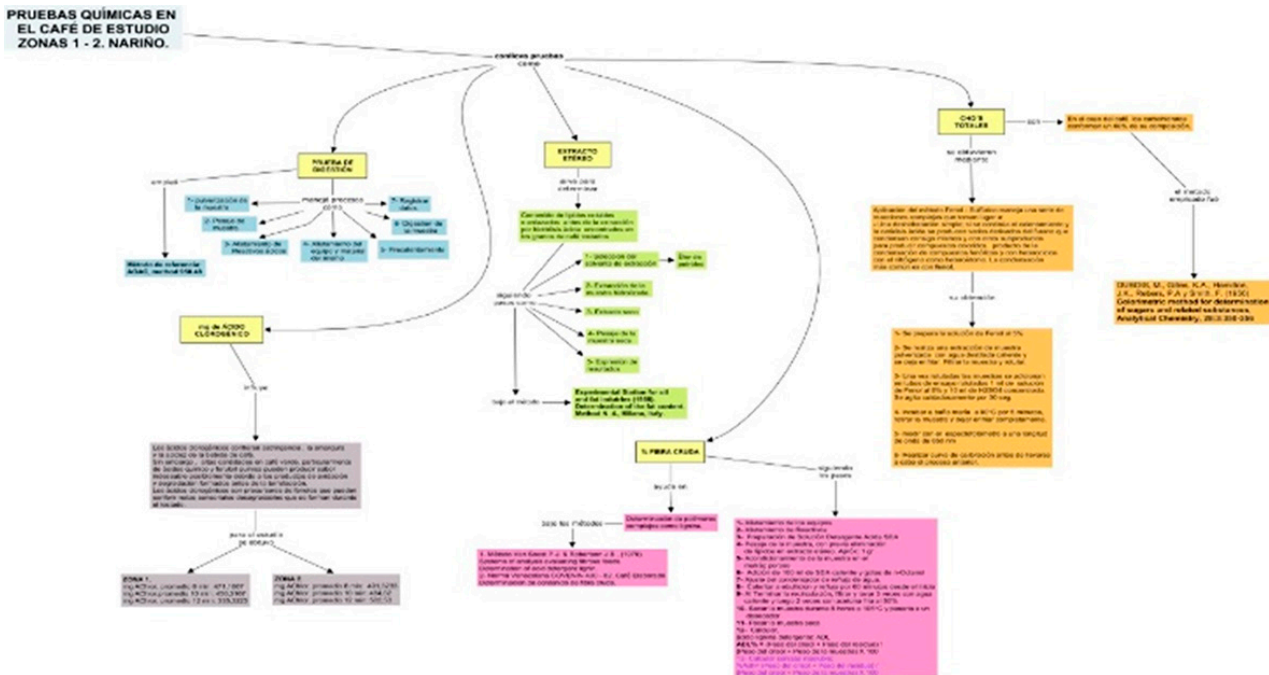


Figura 4. Pruebas químicas en café tostado y molido. Zonas 1 y 2_ E-220A.

Tabla 2. Variables en estudio.

Variable	Descripción
% Lp.	Porcentaje de Lípidos
% Pr.	Porcentaje de Proteína
CHO.	Porcentaje de carbohidratos
% PP.	Porcentaje de pérdida de peso

ColRGB/HSL.	Colorimetría (Col. RGB/HSL)
DenAp.	Densidad aparente
Ac. Titl.	Acidez titulable
%FbC	Porcentaje de fibra cruda

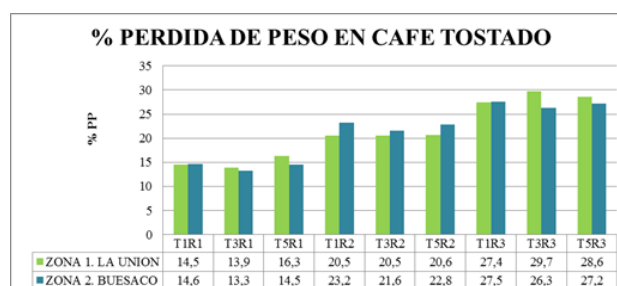
* Todos los parámetros físicos y químicos fueron determinados siguiendo los métodos estándar de la AOAC (27).

Análisis estadístico. Los resultados se tabularon en el programa de computación estadístico Stat Graphics Centurion - 2012. En primera instancia se realizó un análisis descriptivo y se comprobó, si la correlación entre las variables analizadas es lo suficientemente grande como para justificar la factorización de la matriz de coeficientes de correlación. Esta comprobación se realizó mediante las herramientas: índice de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y la prueba de esfericidad de Bartlett, partiendo de la hipótesis nula - Ho de que la matriz de coeficientes de correlación no es significativamente distinta de la matriz identidad (32, 33, 34, 35, 36). Con esta prueba se explica si las correlaciones entre las variables son distintas de cero de modo significativo para las hipótesis nula y alternativa, como lo trabajan y explicitan varios autores (32, 33, 34, 35, 36). Comprobado lo anterior los datos se analizaron con el tratamiento de análisis de componentes principales (ACP). El ACP es una técnica cuyo objetivo principal es hallar combinaciones lineales de variables representativas de ciertos fenómenos multidimensionales, con la exigencia de que exhiban varianza mínima y que a la vez no estén correlacionadas entre sí (32, 33, 34, 35, 36). Para obtener tales combinaciones es necesario construir la matriz de varianzas y covarianzas de esas variables (32, 33, 34, 35, 36, 37). Mientras mayor sea la varianza de la primera componente, mayor será la cantidad de información aportada a dicha componente (32, 33, 34, 35, 36, 37). Cuando las variables están correlacionadas en mayor grado, las primeras componentes explican una alta proporción de la varianza total, por eso las componentes principales pueden sustituir a las múltiples variables originarias. Esto permite reducir el número de variables que ejercen mayor influencia sobre la calidad del café, a un número menor de

nuevas variables o componentes principales que resumen la mayor parte de la variabilidad (26, 35, 36, 37, 39); identificándose y seleccionándose de este modo solo aquellos componentes que recogen la mayor parte de la variabilidad, hecho que permite representar los datos según dos o tres dimensiones si se conservan dos o tres ejes factoriales, pudiéndose identificar entonces grupos naturales entre las observaciones.

Resultados y discusión

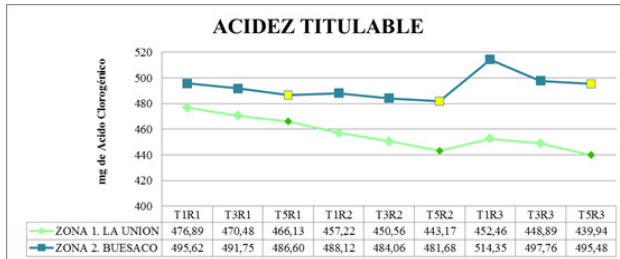
En el proceso de torrefacción, muchas de las sustancias se ven afectadas como las proteínas, sacarosa, ácidos clorogénicos y cenizas, razón por la cual en la Gráfica 1 se observa que el café proveniente de la zona 2 durante la torrefacción pierde más del 22% en promedio en materia seca.



Gráfica 1. Porcentaje de Pérdida de peso o merma en café tostado.

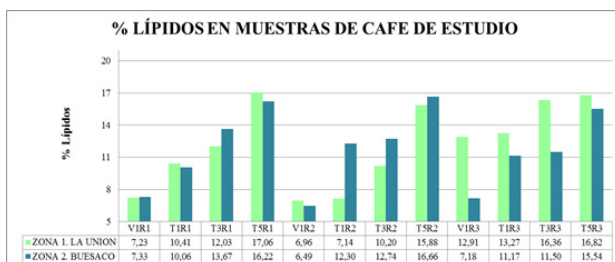
Igualmente en la Gráfica 2 se observa que la cantidad de ácidos perdidos en el proceso de torrefacción es progresiva y descendente; a medida que se incrementa el tiempo de torrefacción en los granos de café, estos van disminuyendo a partir del inicio de la pirolisis, llegando a perder 6/100 del peso del café como se describe en (18, 19, 20, 24, 30, 31).

La zona 2_ mayor altura_ tiene menor acidez titulable y presenta la mayor pérdida de esta durante la torrefacción.



Grafica 2. Cantidad de mg de ácidos clorogénicos en el café de las zonas 1 – 2.

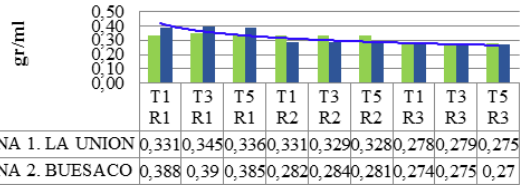
Otra sustancia importante que determina la calidad del café (17, 18, 20, 25, 29, 31) es el aceite esencial o lípidos, los cuales son considerados un vehículo para el aroma del café tostado; estos se encuentran en el endospermo en los granos de café. Varios autores reportan que la especie (Coffea arábica) posee entre un 12% a 18% de lípidos en granos verdes y un 14, 5% a 20% en café tostado como se describe en (17, 18, 20, 29, 31). En este estudio se encontró que los cafés de la zona 2- mayor altura, tienen menor contenido de lípidos y presentan la mayor pérdida de estos durante la torrefacción, pero están en el rango de los reportados en otros estudios.



Grafica 3. Porcentaje de lípidos en el café tostado de las zonas 1 – 2.

Los granos de café tostados en esta investigación, tienen una densidad aparente promedio en estado apisonado de 0.3149 gr/ml en la zona 1 (La Unión – Nariño) y un promedio en estado apisonado de 0.3144 gr/ml en la zona 2 (Buesaco – Nariño), estando dentro del margen reportado en otras investigaciones. Ver Grafica 4.

Densidad aparente en café tostado

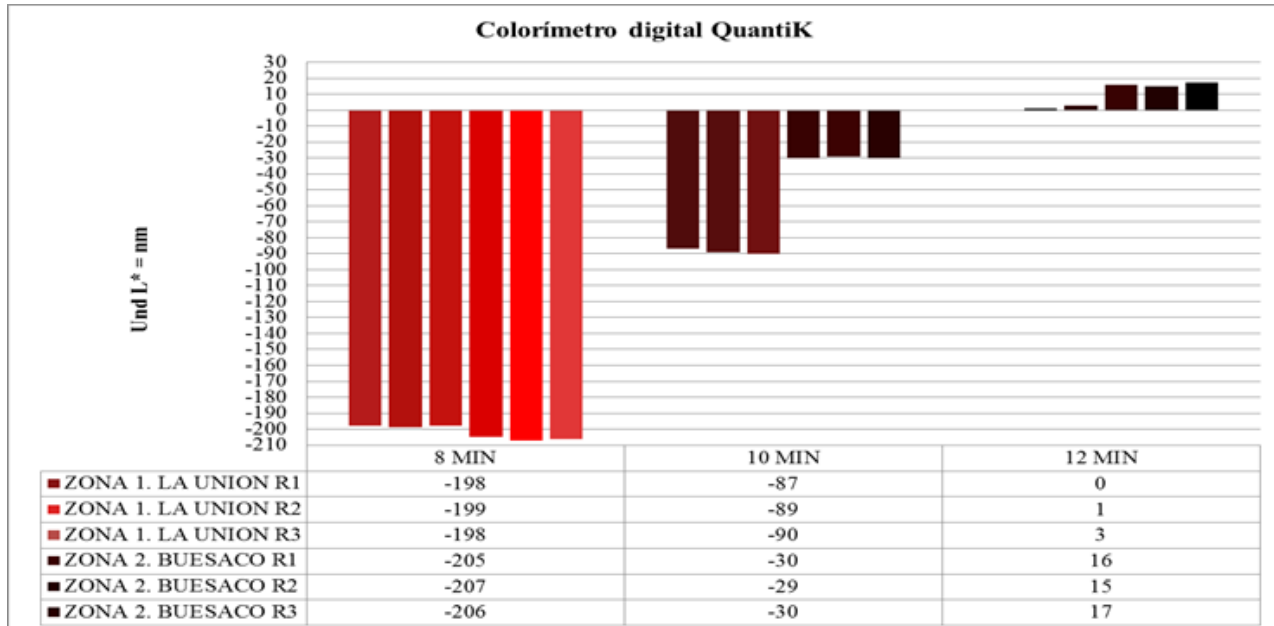


Grafica 4. Densidad por compactación. NTC 4084. (ICONTEC I., 1997)

Otro de los estudios que tratan de la calidad del café son los realizados por (19, 25, 30), quienes afirman que “el color es el parámetro más empleado para establecer el nivel de tostado del café, aspecto relevante en el momento de evaluar la calidad del producto final”.

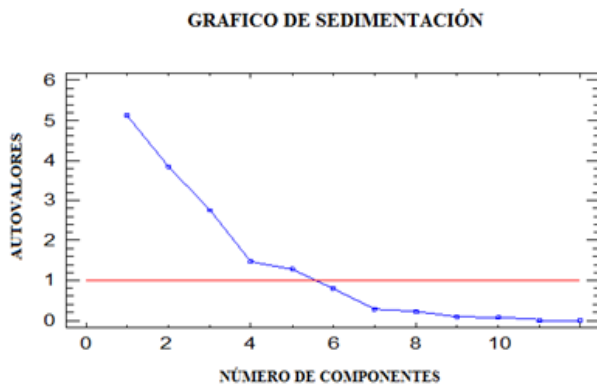
En este trabajo se encontró que el café proveniente del municipio de Buesaco - zona 2, genera cafés torrefactados de color entre medio y medio ligero, el municipio de La Union - zona 1, genera cafés entre medio alto y medio acorde con la clasificación propuesta por (19).

Los cafés torrefactados de la zona 1 presentan menores valores de L*- luminosidad a los 8, 10 y 12 minutos, o los valores más claros, como se aprecia en la secuencia del colorímetro Quantik, lo cual nos indica que necesitan más tiempo de tostación para generar cafés oscuros. Ver Grafica 5.



Grafica 5. Campo espectral de color del colorímetro QuantiK.

Para el análisis de ACP, se realizó la gráfica de sedimentación como se describe en (23, 32, 33, 34, 35, 36), en donde se toman en conjunto los 8 componentes o variables de estudio y se identifica cuáles de ellos poseen una mayor varianza con valores cercanos a la unidad, como se observa en la Gráfica 6.



Grafica 6. Relación de los componentes principales de estudio o gráfico de sedimentación.

La matriz de pesos o puntuaciones factoriales – (Tabla 3), indica el peso que cada variable tiene sobre cada componente. De modo que comparando las saturaciones relativas de cada variable en cada uno de los dos componentes de estudio, se tiene que

el primer factor está constituido por las variables de (%PP) - % pérdida de peso en café tostado - (0.846), carbohidratos (CHO) - (0.745), y densidad aparente tostado- (-0.845). El segundo componente recoge el grupo de variables como % lípidos (Lp) - (0,801) y % proteína cruda (%PC)- (0.620), por lo que se podría argumentar la relación altitudinal de las zonas de estudio con las características propias del café, intrínsecas en mayor proporción. Todas estas variables reflejan la dimensión de “compuestos físicos y químicos” de las muestras de café de estudio.

Tabla 3. Matriz de coeficientes de las puntuaciones factoriales.

Componente principal	Componente principal	
	1	2
%PP_tostado	0.846	-0.352
CHO	0.745	-0.372
%Lp	0.514	0.801
Denaparente tostado	-0.845	0.386
ColRGB/HSL	-0.645	-0.182
%PC	0.599	0.620
% Fibra cruda	0.021	0.177
Acidez titulable	-0.224	-0.328

En la Tabla 3, existen dos factores no significativos como son el porcentaje de fibra cruda y la acidez titulable, los cuales no tienen una participación notoria como coeficientes, por tanto no se consideran en la estructura factorial de éste análisis por componentes principales, ya que se tendrán en cuenta únicamente factores representativos en la investigación.

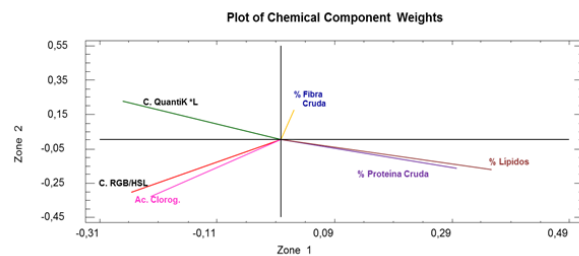
Además cuando se determina la cantidad de varianza total de una investigación, los auto valores expresan y explican esta por cada factor y a su vez los porcentajes de varianza están asociados a cada factor que se obtienen dividiendo su correspondiente auto valor por la suma de los auto valores (igual número de variables), como se muestra en la Tabla 4. Además, en esta misma se muestra que existen dos autovalores mayores que 1, por lo que en el procedimiento se extraen 2 factores que consiguieren explicar el 74.944% de la varianza de los datos originales.

Tabla 4. Varianza total explicada y acumulada.

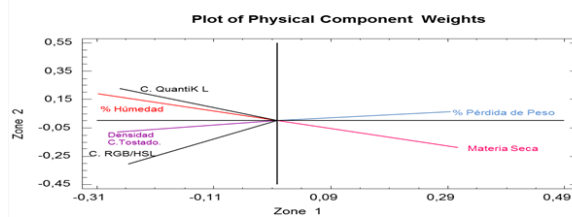
Componente	Auto valores iniciales		
	Total	% de la varianza	% acumulada
1	3.026	50.426	50.426
2	1.471	24.518	74.944
3	0.735	12.250	87.194

Para tomar la decisión de los factores que deben extraerse, (32, 33, 34, 35, 36) recomiendan un criterio mínimo del 70% de la variabilidad acumulada contenida en los datos, en la Tabla 4 lo cumplen los dos primeros factores. Igualmente, la cantidad de componentes con varianza \geq a 1 cuentan con información relevante en el análisis de dichos componentes como se extracta de (32, 33, 34, 35, 36). Estos mismos (32, 33, 34, 35, 36) recomiendan ignorar los componentes cuyos valores sean menores a 1, porque cuando se está realizando el análisis sobre datos estandarizados, la varianza de cada va-

riable estandarizada es igual a 1 y se considera que, si una componente principal no puede explicar más variación que una variable por sí misma, entonces es probable que no sea importante. En las Gráficas 7 y 8 se presentan la nube de variables y su correlación entre ellas con respecto a su centro de gravedad.



Gráfica 7. Pesos de los componentes químicos de los cafés estudiados.



Gráfica 8. Pesos de Componentes de los componentes físicos del café de estudio.

Conclusiones

Se evaluó el efecto de las condiciones edafo climáticas sobre las características del café al correlacionar estadísticamente el resultado obtenido de los análisis físicos y químicos realizados en café crudo y café torrefactado provenientes de 2 zonas del ecotopo E-220 A.

Los resultados analíticos obtenidos para cada café tostado, proveniente de los diferentes granos de café crudo, fueron sometidos al análisis de estadística descriptiva para calcular los valores medios y el error estándar, seguido de un ACP (23, 32-36).

Cada finca represento un tratamiento determinado por la región y altura, lo cual permitió evaluar el efecto de la altitud sobre las características naturales del café al relacionar estadísticamente el resultado obtenido de los análisis físicos y químicos realizados en cada una de las muestras de café torrefactado.

Para FEDERACAFE (3, 11, 12), el café de Nariño se destaca frente a otros cafés de Colombia debido a su alta acidez, cuerpo medio, notas dulces, con una taza limpia, suave y de aroma muy pronunciado por el contenido de lípidos. Si se observan los resultados de las gráficas 4 y 5 en torno a lo mencionado, se puede deducir que la zona propicia para destacar estas características organolépticas en taza es la zona 2 - Buesaco, ya que presenta las características anteriores en igual o mayor proporción en relación a la otra zona de estudio. Por ejemplo, el contenido de acidez es mayor en la zona 1- La Unión con una media de 452.4 mgAC mientras que la zona 2 posee 495.6 mg AC, lo que implica que los cafés de mayor altitud, han demostrado tener una correlación positiva con la alta retención de ácidos y azúcares de las plantas, que, en el caso del café, son importantes para los atributos de acidez, dulzor y suavidad de la bebida. Aunque desde el punto de contenido de lípidos la zona 1 o La Unión, presenta un contenido de lípidos de 17.6% característico del café Colombiano. Lo anterior es debido a que la planta de café al estar a menores temperaturas, desarrolla un metabolismo más lento, protegiéndose así de un entorno que considera adverso (21, 22). De esta manera se favorece el desarrollo de ciertos grupos de moléculas, como las proteínas y los azúcares, tanto por su cantidad como por su tipo específico (5, 21, 22).

En conclusión, se establece que la composición química del grano y, en consecuencia, la calidad y aceptabilidad de café depende de los sistemas de cultivo, altitudes, climas, el beneficio, tipos y niveles edafológicos, los métodos de preparación, almacenamiento y proceso de tostado (21-22, 24, 28-38).

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a todas las personas que colaboraron en la realización de la presente investigación. Y a la UNAD por la colaboración prestada en el proyecto.

Nota

1. Los resultados de este artículo fueron corroborados a través del proyecto “La investigación a partir de los recursos virtuales metodológicos y a través de las redes virtuales de los cursos y programas de la ECBTI-Tecnología del café”.

Referencias

- Gómez, L., Caballero, A. & Baldión, J. Ecotopos Cafeteros. Santafé de Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia; 1991. P. 221.
- Brains, D. Nariño Topographic 2.png. Nariño dept., 2012. Obtenido de: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Nariño_Topographic_2.png.
- FEDERACAFÉ. El Café de Nariño. Pasto, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia; 2010. Obtenido el 18 de Agosto de 2014 de: <http://www.cafedecolombia.com/>: http://narino.cafedecolombia.com/es/narino/el_cafe_de_narino/
- Criollo, H.; Lagos, T., Bacca, T. & Muñoz, J.A. Caracterización de los sistemas productivos de café en Nariño, Colombia. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 2016; 19(1): 105-113.
- Cliford, M. Coffee: botany, biochemistry and production of beans of beverage. En M. Cliford, & W. K. C. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. London: Croom Helm Publishers Ltd. 1985. 305 – 374 p.
- Francesca, S., Guillou, C., Reniero, F., Ballarin, L., Cantagallo, M., Wieser, M., Iyer, S., Héberger, K. & Vanhaecke, F. Determination of the geographical origin of green coffee by principal component analysis of carbon, nitrogen and boron stable isotope ratios. Rapid Communications in Mass Spectrometry. (2005); Volume 19, Issue 15. P: 2111–2202.
- Silva, E., Mazzafera, P., Brunini, O., Sakai, E., Arruda, F., Mattoso, L. & Henrique, C. The influence of water management and environmental conditions on the chemical composition and beverage quality of coffee beans. Braz. J. Plant Physiol. 2005; 17(2):229-238.
- Serra, F., Guillou, C., Reniero, F., Ballarin, L., Cantagallo, M. I., Wieser, M., Iyer, S. S., Héberger, K., & Vanhaecke, F. Determination of the geographical origin of green coffee by principal component analysis of carbon, nitrogen and boron stable isotope ratios. Rapid Communications in Mass Spectrometry.

- 2005; 19, 2111-2115.
9. DaMatta, F., Ronchi, C. Maestri, M. & Barros. Ecophysiology of coffee growth and production. *Braz. J. Plant Physiol.* 2007; vol.19 no.4.
 10. FEDERACAFÉ. Nuestras Regiones cafeteras. Santafé de Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia; 2010d. Obtenido de http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/la_tierra_del_cafe/regiones_cafeteras/.
 11. FEDERACAFÉ. El café de Nariño. Factores Agroclimáticos. Santafé de Bogotá, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia; 2010. Obtenido de http://narino.cafedecolombia.com/es/narino/el_cafe_de_narino/factores_agroclimaticos/
 12. FEDERACAFÉ. Nariño, Denominación de Origen. Los ciclos de cosecha en Nariño. Pasto, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia; 2010. Obtenido el 5 de Septiembre de 2013, de http://cafedecolombia.com/narino/solo_para_expertos/los_ciclos_de_cosecha_en_narino/
 13. Díaz, P. Efectos de la altitud sobre la calidad del café torrefactado (*Coffea arabica* L. Var. Colombia) producido en los municipios de Buesaco y La Union – Nariño, pertenecientes al ecotopo E – 220 A. Tesis de grado, Programa de Ingeniería de Alimentos, Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD; 2014.
 14. Montgomery, D. Diseño y análisis de experimentos. 2a. Ed. México D.F. Limusa Wiley; 2004. 692 p.
 15. Hou-Chun, L., Chen-Feng, Y., Chiou-Yun, C., Yu-Ching L. & Ming-Tsung, C. Geographic determination of coffee beans using multi-element analysis and isotope ratios of boron and strontium. *Food Chemistry.* 2014; Volume 142, 1: P. 439–445.
 16. Puerta, G. Influencia del proceso de beneficio en la calidad de café. *Revista Cenicafé.* 1999; 50(1):78-88.
 17. Kitberger, C., Dos, M., Scholz, S., Da Silva, B. & De Benassi, B. Profile of the diterpenes, lipid and protein content of different coffee cultivars of three consecutive harvests. *AIMS Agriculture and Food.* 2016; 254-264.
 18. Kitberger, C.; Scholz, M.; Pereira, L.; Vieira, L.; Sera, T.; Silva, J. & Benassi, M. Diterpenes in green and roasted coffee of *Coffea arabica* cultivars growing in the same edapho-climatic conditions. *Journal of Food Composition and Analysis.* 2013; v.30: 52-57.
 19. Jiménez, H.; Correa, E.; Diezma, B.; Diaz, V.; Meneses, B. & Oteros, R. Estudio de técnicas para la supervisión de calidad y clasificación de granos de café tostado: análisis de nuevas tecnologías. En: “VI Congreso Ibérico de Agroingeniería”, 05 - 07 SEPTIEMBRE 2011, Évora - Portugal. ISBN 978-972-778-133-3.
 20. Bertrand, B., Boulanger, R., Dussert, S., Ribeyre, F., Berthiot, L., Descroix, F., Joët, T. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arabica coffee seed as well as coffee beverage quality. *Food Chem.* 2012; 135 (4):2575–83.
 21. Arman, E., Guilmineau, F. & Melrose, J. Study of green coffee processing and brewing variability across species, origins, grades and time. Obtenido de: <http://www.epamig.ufla.br/geosolos/publicacoes/2012/5.pdf>.
 22. Consonni, R., Cagliani, R. & Cogliati, C. NMR based geographical characterization of roasted coffee. *Talanta.* 2012; 15; 88: 420-6.
 23. Bro, R., & Smilde, A. K. Principal component analysis. *Analytical Methods.* 2014; 6, 2812.
 24. Montavon, P., Duruz, E., Rumo, G. & Pratz, G. Evolution of green coffee protein profile with maturation and relationship to coffee cup quality. *J. Agric. Food Chem.* 2003; 51:2328-2334.
 25. Macías, A & Riaño, C.E. Café orgánico: caracterización, torrefacción y enfriamiento. *Cenicafé.* 2002; 53(4): 281-292.
 26. Montavon, P., Mauron, A. & Duruz, E. Changes in green coffee protein profiles during roasting. *J. Agric. Food Chem.* 2003; 51:2335-2343.
 27. OAC. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 18th Ed., Gaithersburg, MD, USA; 2005.
 28. Puerta, G. Calidad en taza de mezclas preparadas con granos de *coffea arabica* l. y c. *canephora*. *Cenicafe.* 2008; 59 (3): 183-2003.
 29. Cagliani L., Pellegrino, G., Giugno, G. & Consonni R. Quantification of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* var. *robusta* in roasted and ground coffee blends. *Talanta.* 2013; 15; 106:169-73.
 30. Riaño, C. Efecto de la humedad del café crudo en las propiedades del café tostado. *Entramado.* 2013; v.9 fasc: 214 – 222.
 31. Toledo, P., Pezza, L., Pezza, H. & Toci, A. Relationship Between the Different Aspects Related to Coffee Quality and Their Volatile Compounds. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* 2015; Volume 15, Issue 4: 705–719.
 32. Smith, L. A tutorial on Principal Components Analysis. In a handbook of statistical analysis using R. Chapter 13. *Principal Component Analysis: The Olympic Heptathlon.* 2002.
 33. Journée, M., & Nesterov, Y. Generalized power method for sparse principal component analysis. *The Journal of Machine.* 2010.
 34. Sánchez, A. Análisis de Componentes principales: Versiones dispersas y Robustas al ruido impulsivo. Proyecto fin de carrera. Departamento de Teoría de la Señal y Comunicaciones. Universidad Carlos III, Madrid. 2012.
 35. Riaño, C. Análisis en componentes principales -ACP en la identificación de elementos discriminitorios para caracterizar *Coffea*. 2do Encuentro Internacional de Matemáticas, Estadística y Educación Matemática. Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia; 01 al 03 de agosto de 2013; Tunja, Colombia.
 36. Chatfield, C., Collins, A.J. Introduction to Multivariate Analysis. Chapman and Hall, London. 1980.
 37. Cattell, R.B. The screem test of the number of significant factors. *Multivariate Behavioral Research.* 1966; 1: 140-161.

38. Millan, J. and L. Yunda. An Open-Access Web-based medical image atlas for collaborative Medical image sharing, processing, Web Semantic searching and analysis with uses in medical training, research and second opinion of cases. 2014; Nova 12(22): 143-150.