

INFLUENCIA DE LA ALTITUD EN LA CALIDAD DE LA BEBIDA DE MUESTRAS DE CAFÉ PROCEDENTE DEL ECOTOPO 206B EN COLOMBIA¹

Carlos Evelio Buenaventura-Serrano*; José Jaime Castaño-Castrillón**

RESUMEN

BUENAVENTURA S., C.E. CASTAÑO C., J.J. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotopo 206B en Colombia. Cenicafé 53(2):119-131.2002.

Con el fin de determinar una tendencia de las características fisicoquímicas y de las cualidades organolépticas del café tostado, y de la bebida de café a medida en que se incrementa la altitud y así establecer si existía influencia de esta última sobre la calidad de la bebida, se evaluaron muestras de café procedentes de 10 diferentes altitudes correspondientes al ecotopo 206B, específicamente del municipio del Fresno en el departamento del Tolima. Los resultados mostraron que la altitud tiene un efecto determinante sobre las características del café tostado y de la bebida, mostrando una zona donde se presentaron los mejores valores de calidad (1.450 – 1.650msnm) y estableciéndose esta zona como la franja altitudinal con las mejores condiciones para el cultivo del café para el ecotopo 206B.

Palabras claves: Altitud, calidad, beneficio, café tostado y molido, análisis sensorial, productos.

ABSTRACT

With the purpose of determining the tendency of physico-chemical characteristics and organoleptic qualities of roasted coffee and coffee cup quality with altitude increase, and thus establishing if influence of the latter affected the drink quality, samples of coffee coming from 10 different altitudes (between 1,050 and 1,950) corresponding to ecotopo 206 B, specifically to Fresno municipality in Tolima department were evaluated. The results showed that altitude has a determining effect on toasted coffee and cup characteristics, displaying a zone where the best quality values appeared (1,450 – 1,650 m.a.s.l.) and settling down this zone like the altitudinal strip with the best conditions for coffee crops in ecotopo 206 B.

Keywords: Altitude, quality, processing, roasted and ground coffee, sensorial analysis, products.

¹ Fragmento de la tesis “Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de café” presentada a la Fundación Universidad de América para optar al título de Ingeniero Químico. Bogotá D. C. Colombia.

* Ingeniero Químico. Becario de Colciencias en el Programa de Industrialización de Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

** Investigador Científico II, hasta Marzo de 2001. Programa de Industrialización. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Chinchiná, Caldas, Colombia.

Caracterizar de una manera completa y precisa el café colombiano es uno de las tareas más importantes que tiene el gremio cafetero, teniendo en cuenta que con la certeza en el conocimiento de las características del grano y más aún, de la bebida, se puede llegar a explotar de una manera más amplia el comercio del mismo.

La apariencia, el color y el olor del grano de café pergamino, almendra y tostado, así como las cualidades organolépticas de la bebida que comprenden la intensidad del aroma, el aroma de la bebida, el cuerpo, la acidez y el amargo, constituyen la calidad del café y el método más eficiente usado para su determinación es el análisis organoléptico o sensorial (estudio de las propiedades del alimento que afectan los sentidos del degustador). En Cenicafé el panel de catación analiza las cualidades mencionadas y además, incluye una más que es quizás la más importante: la impresión global, que determina el equilibrio de la taza (15, 16).

Las características sensoriales indican no sólo la calidad del café permitiendo clasificarlo comercialmente, sino que permiten establecer las características de proceso y cuidados seguidos con el grano desde su cultivo hasta la obtención de la bebida de café (15,14).

La excelente calidad del café colombiano conocida mundialmente depende de la interacción de muchos factores entre los cuales se destacan: varietales, climáticos, edafológicos, prácticas culturales y en gran medida, del proceso de beneficio. Tratando de complementar estos factores se pueden estudiar aspectos menos claros o evidentes que pueden influenciar la calidad y al afrontarlos, pueden generar grandes interrogantes como ocurrió en el presente estudio.

Menchú *et al.* (9), en estudios realizados en Guatemala con muestras procedentes de

la costa suroccidental, donde las condiciones ecológicas son similares y trabajando en una franja que va de los 300 a los 1.500 metros de altitud, encontró que las variaciones altitudinales determinan un cambio definido en las características de la bebida. El aroma, la acidez y el cuerpo de la misma, aumentan gradualmente con la altitud hasta llegar a los valores máximos. La densidad aparente del grano tostado se comporta de manera ascendente con el incremento de la altitud. El hinchamiento aparente es mayor en los cafés procedentes de baja altitud. Resultados similares encontraron Cabrera *et al.* (4) en sus estudios realizados en la zona montañosa de Cuba, utilizando plantaciones de *Coffea arabica* de 13 años, de las variedades Caturra roja y amarilla y Catuai amarillo, sembrados en tres diferentes altitudes.

Los resultados mostraron que todos los índices físicos y de calidad de la taza se vieron favorecidos por la altitud sobre el nivel del mar, coincidiendo con las temperaturas más bajas, las mayores precipitaciones y una mayor humedad relativa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima. Se utilizó café cereza 100% maduro de la variedad Caturra, adquirido en fincas cafeteras del municipio del Fresno, en el departamento del Tolima.

Localización. La recolección de las muestras se realizó en cada una de las fincas seleccionadas para tal fin; el beneficio de ellas se llevó a cabo en el centro piloto instalado en el Fresno, hasta llevar el café al estado de “seco de agua”. El secado se terminó en el secador parabólico de la disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé; la trilla, clasificación, torrefacción, molienda y análisis fisicoquímicos se realizaron en la Planta Piloto de Física Técnica del Programa de Industrialización de Cenicafé y los análisis

sensoriales fueron realizados en la disciplina de Química Industrial de Cenicafé.

Equipos. El beneficio del café se llevó a cabo en un módulo beneficiador de muestras “Cerper” diseñado y construido por la disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé, el cual consta de una máquina despulpadora No.2 y un desmucilagador mecánico. Las tostaciones se hicieron en un tostador de tambor diseñado y fabricado en el Laboratorio de Investigaciones de la Química del Café, LIQC, con capacidad para un kilogramo. La determinación del grado de tuestión se hizo con un colorímetro Quantik IR – 800. La molienda se realizó en un molino de discos para laboratorio Probat. La densidad aparente del café almendra y tostado se realizó en un equipo especificado en la ISO/TC34/SC15. La densidad aparente del café tostado y molido en el equipo especificado en la ISO 8460 (11). El contenido de aceite se midió en el Universal Extraction System B – 811 BÜCHI. La granulometría en una maquina tamizadora Tyler Rotap. El pH y la acidez titulable se determinaron por medio del autotitulado Mettler Toledo DL 53. La concentración de sólidos solubles en °Brix se determinó en el refractómetro Leica Auto Abbe.

Procedimiento. El trabajo se dividió en tres etapas así:

Etapa I. Consistió en la selección de un municipio piloto donde existiera un rango altitudinal amplio en cuanto a plantaciones de café. Esta selección se basó en el estudio de los Ecotopos Cafeteros de Colombia (3) y en la Encuesta Nacional Cafetera SICA (6). Se seleccionó entonces el municipio de El Fresno en el departamento del Tolima, y en éste, se seleccionaron 30 lotes correspondientes a 10 fincas (3 lotes por finca) en las altitudes (1.050-1,950msnm) con características agroecológicas similares. Además, se optó por recolectar 4 muestras por cada uno de los lotes obteniéndose un total de 120 muestras.

Adicionalmente, se anexaron 12 muestras más, correspondientes a mezclas iguales de cafés de todas las altitudes (10% de cada altitud). Estos lotes y fincas se seleccionaron con la asesoría del Comité de Cafeteros del Fresno.

Etapa II. La segunda etapa consistió en la recolección, beneficio, clasificación (excelso UGQ) (7), y puesta a punto de las muestras, así como la recolección de las muestras de suelo de los respectivos lotes. La recolección se hizo por métodos tradicionales, se recolectaron 20kg de café cereza 100% maduro por muestra. El beneficio se hizo por vía húmeda con demucilagador mecánico y secado al sol; las muestras se seleccionaron manualmente y se clasificaron como excelso UGQ (7). Todas las muestras se almacenaron durante 1 mes a unas condiciones de 4°C de temperatura y 65% de humedad relativa en bolsas plásticas calibre 4; esto con el fin de que ocurriera el mismo tiempo entre el beneficio y la prueba de taza para cada una de las muestras.

Etapa III. La tercera etapa consistió en la torrefacción, molienda, preparación de la bebida y los análisis fisicoquímicos y organolépticos de las muestras. Todos los procedimientos de esta etapa se basaron en los estándares seguidos por el panel de catación de Cenicafé (15, 17).

La torrefacción se realizó a 230°C y se determinó el grado de tuestión por el método infrarrojo estipulado en la NTC 2442 (9). El grado de tuestión empleado está fuera de la NTC 3534 (10), debido a que es el mismo exigido por el panel de catación de Cenicafé y se define como muy claro. La molienda se siguió según lo enmarcado en la NTC 3534 y se definió como molienda media. La bebida se preparó haciendo una extracción sobre 11g de café tostado y molido con 150ml de agua destilada caliente.

A las 132 muestras obtenidas se les determinó:

- Densidad aparente café almendra (método caída libre ISO/TC34/SC15)
- Densidad aparente café tostado (método caída libre ISO/TC34/SC15)
- Hinchamiento aparente; mediante la ecuación empírica:

$$HA = \frac{\text{Densidad aparente café verde} * (1 - \text{PPT}) - \text{Densidad aparente café tostado}}{\text{Densidad aparente café tostado}} \quad \langle\langle 1 \rangle\rangle$$

Donde PPT: pérdida de peso por torrefacción.

- Densidad aparente café tostado y molido (método caída libre ISO 8460) (11)
- Contenido de aceite (método de extracción soxleht estándar AOAC 15030) (1)
- Granulometría (método de tamizado NTC 2441) (7)
- pH (método potenciométrico)
- Acidez titulable (método titulación a punto de equivalencia NaOH 0,01N)
- Concentración de sólidos solubles (método desecación a 105°C y refractometría °Brix)
- Rendimiento de extracción, mediante la ecuación empírica:

$$\text{Rendimiento} = (\text{SS} * \text{gB}) / \text{gC} \quad \langle\langle 2 \rangle\rangle$$

Donde:

gB = gramos obtenidos de bebida

gC = gramos de café tostado y molido utilizados

SS = Concentración de sólidos solubles por desecación a 105°C

- Prueba de taza (análisis sensorial descriptivo del panel de catación de Cenicafé, el cual califica la intensidad del aroma, aroma de la bebida, acidez, cuerpo, amargo e impresión global). El panel de catación hizo 15 pruebas de taza por cada muestra (15, 17).

Con la realización de estos ensayos se obtuvieron 1.452 datos correspondientes a las características fisicoquímicas y 11.880 datos correspondientes a las cualidades organolépticas.

- Promedios y variación por altitud para las variables: proporción de tazas con calificación mayor o igual a 7 en todas las características de tasa, hinchamiento aparente, densidad aparente del café almendra – tostado - tostado y molido, % de aceite, diámetro promedio de partícula café tostado y molido, pH, acidez titulable, °Brix, % de sólidos soluble y rendimiento de extracción.

Con los promedios obtenidos de las características fisicoquímicas y organolépticas se procedió a realizar un análisis de varianza al 5% con el fin de identificar el efecto de la altitud sobre cada una de las variables. Además para las variables que mostraron efecto se realizó una prueba de comparación de promedios de Duncan al 5% con el fin de observar a favor de cual altitud estaba este efecto. También se procedió a obtener la expresión matemática que describiera el comportamiento de cada una de ellas con respecto a la altitud.

Con el propósito de identificar cual es la variable que mayor peso tuvo en la variación total y obtener una agrupación descriptiva por altitud, según todas las variables que describen las características fisicoquímicas y organolépticas, se aplicó el análisis multivariado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Comportamiento descriptivo de las variables. Hinchamiento aparente. El hinchamiento aparente se refiere al aumento de volumen que presenta el grano por efecto de la torrefacción y es debido a que, a medida que transcurre la misma se forma CO₂ el cual queda atrapado en

el interior del grano ejerciendo presión sobre las paredes del mismo, aumentando su volumen.

Se observa en la Figura 1, que los valores más bajos de hinchamiento aparente corresponden a las altitudes medias (1.450 – 1.550 msnm). El valor máximo se presentó a los 1.850msnm con una media de 32,216% (DS 0,995) y el valor mínimo a los 1.450msnm con una media de 15,357% (DS 1,576). La mezcla de cafés de las diferentes altitudes tuvo una media de 27,732 % (DS 1,407).

Densidad aparente del café almendra, tostado y tostado y molido. La densidad aparente del café almendra, tostado y tostado y molido están íntimamente relacionadas entre ellas, razón por la cual su comportamiento es semejante en especial para el caso del café tostado, y tostado y molido.

Para la densidad aparente del café almendra se observa un incremento a medida que aumenta la altitud hasta llegar a un máximo a los 1.650msnm, con un valor medio de 0,72g/ml (DS 0,0052) (Figura 2) . El valor más bajo se presentó a los 1.050msnm con una media de 0,686g/ml (DS 0,002) (Figuras 3 y 4) . Para el café tostado y tostado y molido el comportamiento es muy similar, como se dijo anteriormente, y se ve más acentuado para el

café tostado. Se puede observar que los valores máximos de densidad aparente coinciden con las altitudes medias (1.450 – 1.650msnm). Para el café tostado el mayor valor se observó a los 1.450msnm con una media de 0,541g/ml (DS 0,009) y el valor más bajo se observó a los 1.150msnm con un promedio de 0,458g/ml (DS 0,002), para el café tostado y molido se observó un máximo a los 1.450msnm con una media de 0,4g/ml (DS 0,00573) y el mínimo a 1.150msnm, con una media de 0,357g/ml (DS 0,00334). La mezcla presentó una media de 0,362g/ml (DS 0,00394).

Diámetro promedio de partícula de café tostado y molido. El diámetro de partícula de café tostado y molido esta relacionado con la resistencia mecánica a la fractura del café tostado, el grado de torrefacción y las condiciones de molienda.

Debido a que el café que se trabajó presentó las mismas características físicas que permitieron clasificarlo como excelso UGQ y a que a todas las muestras se les practicó el mismo grado de tostión y se tuvieron en cuenta las mismas condiciones de molienda, la diferencia en la resistencia mecánica a la fractura se le atribuye solamente a la altitud. No se observó un comportamiento definido de la variable a través de las altitudes, pero el valor de la misma se mantuvo en el grado medio de molienda (entre

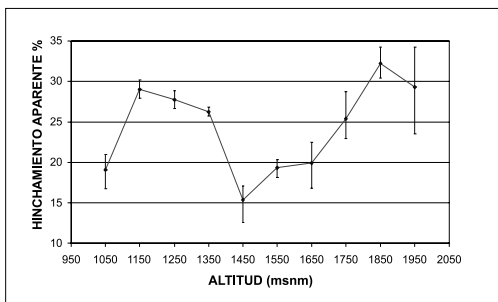


Figura 1. Comportamiento de la variable hinchamiento aparente respecto a la altitud.

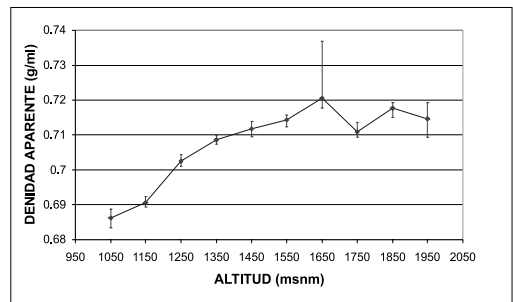


Figura 2. Comportamiento de la variable densidad aparente del café almendra respecto a la altitud

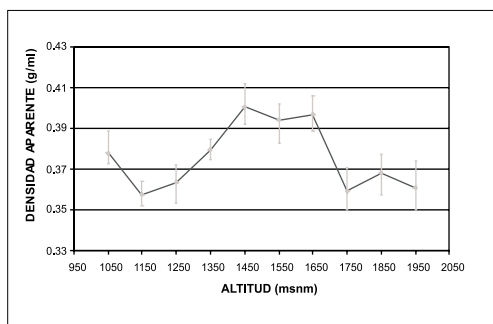


Figura 3. Comportamiento de la variable densidad aparente del café tostado respecto a la altitud

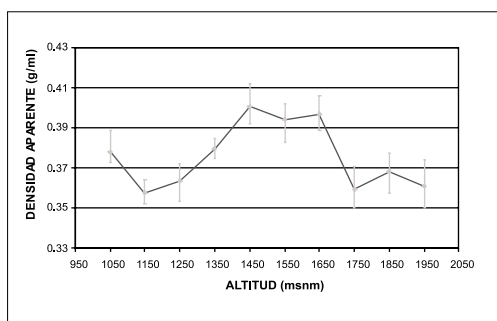


Figura 4. Comportamiento de la variable densidad aparente del café tostado y molido respecto a la altitud.

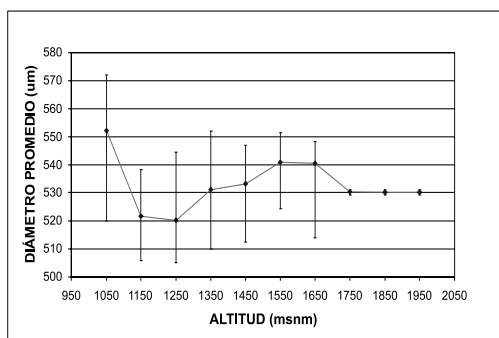


Figura 5. Comportamiento de la variable diámetro promedio de partícula de café tostado y molido respecto a la altitud

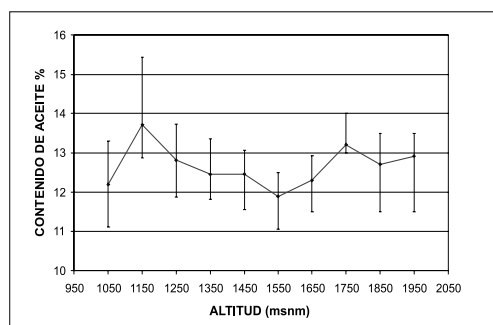


Figura 6. Comportamiento de la variable contenido de aceite respecto a la altitud

500 – 700mm). El valor máximo se presentó a los 1.050msnm con una media de 554.174mm (DS 15,887), el mínimo se observó a los 1150msnm con una media de 521.705mm (DS 12,148), la mezcla presentó una media de 530.152mm (DS 0,184) (Figura 5).

Contenido de aceite. El porcentaje de aceite varía con la altitud, pero permanece en el rango normal dado por la literatura, el cual está para *Coffea arabica* var. Caturra, entre el 10 y el 15%. El mayor contenido de aceite se registró a los 1.150msnm con una media de 13,716% (DS 0,683), el valor menor se presentó a los 1.550msnm con una media de 11,889% (DS 0,362) y la mezcla presentó un promedio de 12,916% (DS 0,123) (Figura 6).

pH y acidez titulable. Para el pH se observa una disminución en su valor a medida que aumenta la altitud hasta llegar a los 1.550msnm, donde se presenta un punto de inflexión y empieza a incrementar su valor hasta llegar a los 1.950 msnm (Figura 7). Para todas las altitudes presenta valores adecuados para la bebida de café que oscila entre (4,7 – 5,2). El mayor valor de pH se presentó a los 1.850msnm con un promedio de 5,072 (DS 0,0751). El menor valor pH se observó a los 1.550 msnm (DS 0,0160), la mezcla presentó una media de 4,964 (DS 0,0103).

La acidez titulable no presentó gran variación respecto al gradiente de altitudes y no se observó un comportamiento inverso al del pH (Figura 8).

Concentración de sólidos soluble (%) y °Brix.

Las variables correspondientes a la concentración de sólidos solubles (% - °Brix) presentaron poca variación con el incremento en la altitud. Los °Brix estuvieron en un rango entre 2,35 y 2,05 presentando un máximo a los 1.050msnm con un media de 2,3283 (DS 0,2286) y un mínimo a los 1.450msnm con 2,0658 en promedio (DS 0,0396). La mezcla tuvo una media de 2,1583 (DS 0,0721). Para el porcentaje de sólidos solubles los valores estuvieron en un rango entre 1,8 y 1,6% presentándose el mayor valor a los 1.150msnm con un promedio de 1,787% (DS 0,0626) y el menor valor a los 1.750msnm con un promedio de 1,6305 % (DS 0,0627), la mezcla tuvo un valor medio de 1,7222% (DS 0,0328) (Figura 9).

Los valores de concentración de sólidos solubles (Figura 10) están un poco altos, debido a que se siguieron patrones establecidos por el panel de catación de Cenicafé y no los correspondientes a tostión muy clara y molienda media.

Rendimiento de extracción. Para todas las altitudes se presentaron valores de rendimiento de extracción por debajo del óptimo (< 18%); esto, debido al grado de tostión que se realizó (muy claro) y por el método de preparación de la bebida (11g de café tostado y molido en 150ml de agua), pero se puede observar que el rendimiento de extracción presentó algunas diferencias en relación con las altitudes (Figura 11) . El valor más alto se presentó a los 1.150msnm, con un promedio de 17,735% (DS

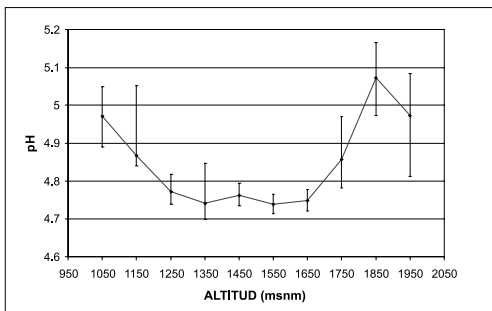


Figura 7. Comportamiento de la variable pH respecto a la altitud

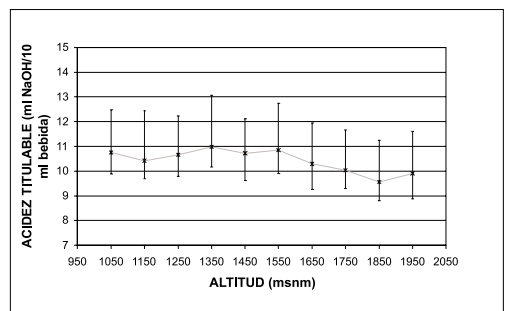


Figura 8. Comportamiento de la variable acidez titulable respecto a la altitud

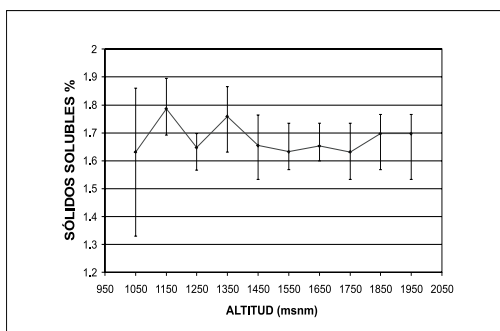


Figura 9. Comportamiento de la variable % sólidos solubles respecto a la altitud

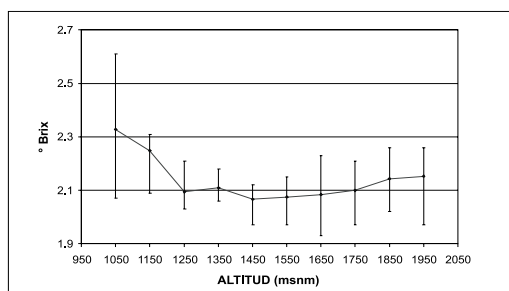


Figura 10. Comportamiento de la variable concentración de sólidos solubles °Brix, respecto a la altitud

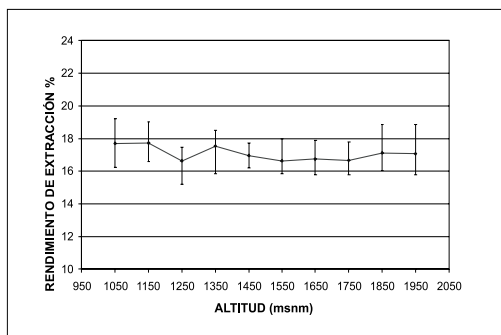


Figura 11. Comportamiento de la variable rendimiento de extracción respecto a la altitud

0,8568), el rendimiento más bajo se observó a los 1.550msnm con una media de 16,635% (DS 0,7304), la mezcla tuvo un rendimiento promedio de 17,216 % (DS 0,1299).

Impresión global. Se puede observar un incremento de la proporción de tazas con calidad superior con la altitud, hasta llegar a un máximo a los 1.450msnm (75% DS 28,727). Este comportamiento se ve alterado únicamente a los 1.350msnm en donde la proporción de tazas disminuye notablemente (43,33%; DS 18,963), también se puede ver que las dos altitudes siguientes a 1.450msnm (1.550 – 1.650msnm) presenta proporciones similares a ésta (70%), lo cual se puede interpretar que en el tercio medio de la ladera las características de la bebida son similares (Figura 12) . A medida que se aumenta la altitud después del tercio medio de la ladera se observa una disminución en la proporción de tazas hasta llegar a los 1.950msnm (47,77% DS 15,527). La mezcla presentó una proporción de tazas con calidad superior del 30% (DS 11,547).

Intensidad del aroma y aroma de la bebida. Se observa un comportamiento similar para la intensidad del aroma y aroma de la bebida (Figuras 13 y 14). Para la intensidad del aroma se encontró que no existe una tendencia en el comportamiento. A diferencia de la impresión global las altitudes medias (1.450 – 1.550)

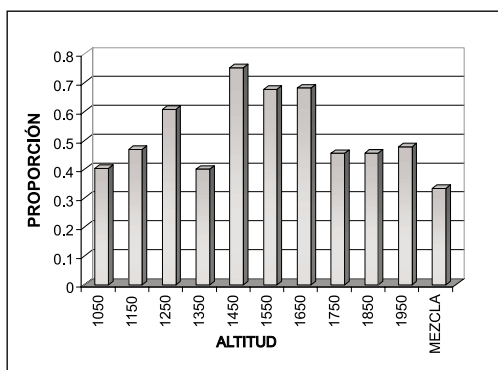


Figura 12. Proporción de tazas con impresión global con calidad superior

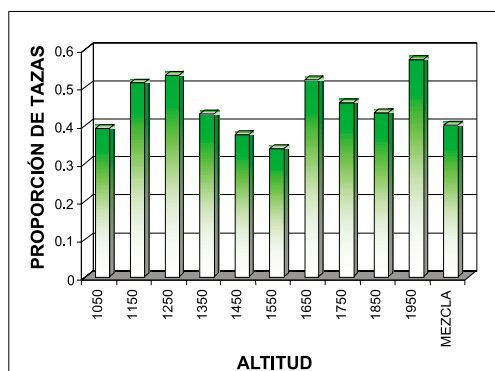


Figura 13. Proporción de tazas con calidad superior para intensidad del aroma

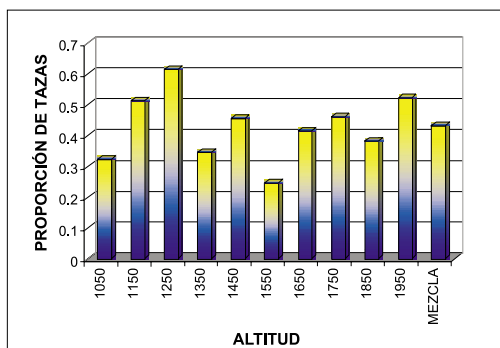


Figura 14. Proporción de tazas en calidad superior para aroma de la bebida

mostraron la proporción de tazas mas baja (37,222%; DS 25,656 y 36,111%; DS 10,429, respectivamente). La mejor proporción se encontró a los 1.950msnm (56,667%; DS 18,749), y la más baja proporción de tazas se observó a los 1.550msnm (36,111%; DS 10,429). La mezcla presentó un valor medio del 40% (DS 13,027). Para el aroma de la bebida vuelve a coincidir la proporción más baja a los 1.550 msnm (25,556%; DS 13,283) pero la mejor proporción esta vez se encontró a los 1.250msnm (61,111%; DS 30,196). No hay una tendencia definida pero sí se observan diferencias entre altitudes. La mezcla presentó una media del 43,33 % (DS 15,954).

Acidez organoléptica cuerpo y amargo. Estas tres variables presentan un comportamiento similar entre ellas y a su vez, igual a la impresión global. Se observa un incremento de la proporción de tazas a través de las tres primeras altitudes (1.050 – 1.250msnm). Este incremento se ve interrumpido a los 1.350msnm; se observa además que el tercio medio de la ladera (1.450– 1.650msnm) presenta las mejores proporciones para las tres variables (Figura 15) . Y se confirma una disminución de las proporciones al incrementar la altitud después del tercio medio de la ladera en las tres variables.

Para la acidez organoléptica la mejor proporción se encontró a los 1.450msnm con valor medio del 74,44% (DS 28,686), la menor

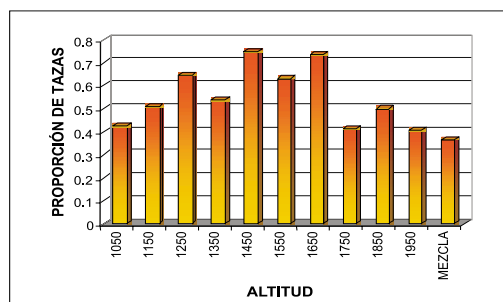


Figura 15. Proporción de tazas en calidad superior para acidez

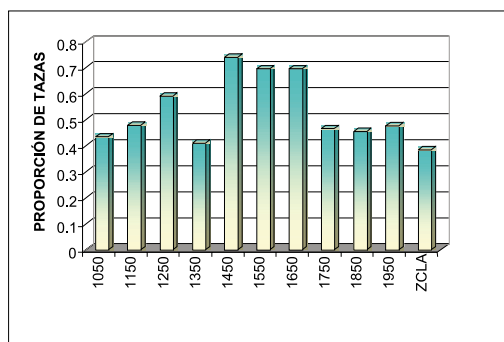


Figura 16. Proporción de tazas en calidad superior para cuerpo

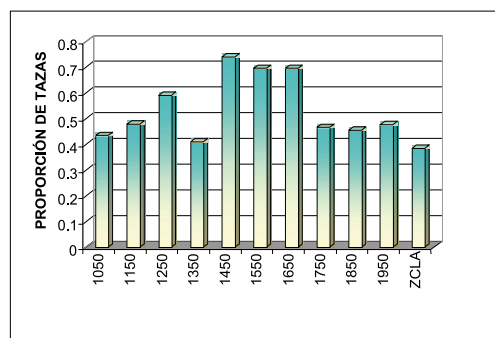


Figura 17. Proporción de tazas en calidad superior para amargo

se dio a los 1.950msnm con una media del 41,111% (DS 21,05), la mezcla tuvo una valor medio de 36,667 % (DS 6,030).

Para el cuerpo (Figura 16) la mejor proporción se observó a los 1.450msnm con una media del 74,444% (DS 28,403), la menor se encontró a los 1.050msnm con un valor medio del 43,333 % (DS 17,174), la mezcla presentó un valor medio del 30% (DS 11,547).

Para el amargo la mejor proporción se observó a los 1.450msnm con una media del 73,889% (DS 28,350), la menor proporción se dio a los 1.050 y 1.350msnm, con una media del 44,444 % (DS 15,912 – DS 19,966, respectivamente) (Figura 17). La mezcla presentó un valor medio del 38,333% (DS 15,859).

Selección de las variables más importantes en el proceso evaluado

Posterior a la descripción del comportamiento de las variables el análisis se centró en la determinación del orden de importancia de las variables estudiadas, el cual se evaluó teniendo en cuenta el peso que tuvo cada una de las variables en la variación total y se determinó por medio del análisis multivariado (componentes principales). El orden de importancia de las variables estudiadas fue el siguiente:

1. Acidez organoléptica
2. pH
3. Cuerpo
4. Impresión global
5. Amargo
6. Densidad aparente del café tostado y molido
7. Acidez titulable
8. Densidad aparente del café tostado

9. Concentración de sólidos solubles (°Brix)
10. Hinchamiento aparente
11. Rendimiento de extracción
12. Contenido de aceite
13. Concentración de sólidos solubles (%)
14. Diámetro promedio de partícula de café tostado y molido
15. Aroma de la bebida
16. Intensidad del aroma

Como se puede observar, las variables que más influyeron en la variación total fueron aquellas que tienen que ver con la características organolépticas.

Teniendo identificado el orden de importancia de las variables se procedió a realizar un análisis de varianza al 5% (Tabla 1), el cual mostró que hay efecto de la altitud en cada una de las variables pero la componente lineal no fue significativa, lo que quiere decir que no hay una relación lineal directa entre las variables estudiadas con la altitud.

Tabla 1. Análisis de varianza y regresión lineal simple para las altitudes

VARIABLE	Pr > F	R ²
Impresión global	0,0001	0,0019
Intensidad del aroma	0,0452	0,0757
Aroma de la bebida	0,0001	0,0065
Acidez organoléptica	0,0001	0,0597
Amargo	0,0001	0,0011
Cuerpo	0,0001	0,0001
Hinchamiento aparente	0,0001	0,0841
Densidad aparente café almendra	0,0001	0,7189
Densidad aparente café tostado	0,0001	0,0045
Densidad aparente café tostado y molido	0,0001	0,0039
Diámetro promedio	0,0001	0,0228
Contenido de aceite	0,0001	0,0001
PH	0,0001	0,0824
Acidez titulable	0,0106	0,5518
° Brix	0,0001	0,2634
% Sólidos solubles	0,0001	0,0228
Rendimiento de extracción	0,0002	0,2718

Ante este resultado se construyó el dendrograma (Figura 18), para hacer una agrupación descriptiva de las altitudes, teniendo en cuenta la variación de todas y cada una de las variables. Esto quiere decir que las altitudes fueron agrupadas por semejanzas en las características tanto organolépticas como



Figura 18. Agrupación descriptiva de las altitudes

fisicoquímicas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

El dendrograma dividió las altitudes en dos grupos principales y estos a su vez los subdividió en otros así:

- GRUPO 1 → 1.050 msnm
- GRUPO 2 → 1.150, 1.750, 1.950 msnm
- GRUPO 3 → 1.350, 1.850 msnm
- GRUPO 4 → 1.250 msnm
- GRUPO 5 → 1.450, 1.550, 1.650 msnm

La prueba de comparación de Duncan, al nivel del 5%, mostró diferencias entre grupos en las variables estudiadas (Tabla 2).

Como se puede observar en la Tabla 2, para las variables organolépticas impresión global, acidez, amargo y cuerpo, el grupo 5 (1.450, 1.550, 1.650msnm) presentó en promedio la mayor proporción de tazas con calidad superior. Además, se puede observar que en los cuatro casos sólo presenta semejanzas estadísticas con el grupo 4 (1.250msnm).

El aroma de la bebida es la única variable organoléptica que presenta un comportamiento diferente, en donde el grupo 4 (1.250msnm) presenta la mayor proporción de tazas con calidad superior diferenciándose estadísticamente de todos los demás grupos. Esto resultados permiten afirmar que los mejores valores de calidad se observan en el tercio medio de la ladera (1.450 – 1.550 – 1.650msnm), que a medida que se aleja de esta zona se presenta una disminución de la calidad, y que efectivamente sí existe influencia de la altitud en las características organolépticas de la bebida de café.

Las variables fisicoquímicas no tuvieron un comportamiento definido, pero es claro también que existen diferencias de las variables entre altitudes más marcadas para algunas variables (densidad aparente del café tostado y tostado y molido y el diámetro promedio de

partícula) pero no se puede deducir una posible tendencia como sucede con las variables organolépticas. Las demás variables fisicoquímicas presentan comportamientos normales para café y se observan algunas diferencias que hacen afirmar que efectivamente si hay influencia de la altitud en las características fisicoquímicas del café tostado y molido, y de la bebida de café.

Es importante también anotar que los mejores resultados de calidad coinciden con los valores más bajos de hinchamiento aparente, con los valores más altos de densidad aparente (café almendra, tostado y tostado y molido), con los valores más bajos de pH y con los valores más bajos de °Brix. Todos ellos para el grupo 5 (1.450, 1.550, 1.650msnm).

En conclusión, la altitud sí tiene efecto sobre las características organolépticas y fisicoquímicas del café tostado, tostado y molido y de la bebida de café, pero en ninguno de los casos se pudo establecer una expresión matemática lineal que describiera el comportamiento de la variables fisicoquímicas y organolépticas con respecto a la altitud, debido a que la influencia que tiene la altitud sobre estas características no es proporcional ni directa.

Se determinó que existen zonas con excelentes condiciones para el cultivo del café, y que ésta puede variar de una región a otra. Para este caso en particular se determinó una zona con excelentes condiciones para el cultivo del café en el tercio medio de la ladera (1.450 – 1.550 – 1.650msnm).

Finalmente, es determinante para estudios de calidad de café tener las operaciones de beneficio totalmente controladas con el objeto de evaluar con un mayor criterio las cualidades de la bebida, pues permite efectuar comparaciones entre alturas de cultivo.

Tabla 2. Prueba de Duncan al 5% para todas las variables diferentes estadísticamente

Grupo	Impresión global		Aroma Bebida		Acidez		Amargo		Cuerpo		Hinchamiento aparente		Densidad aparente almendra		Densidad aparente café tostado									
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS								
1	41.111	b*14.725	31.111	c	12.818	46.667	c	15.570	44.444	c	15.912	43.333	b	17.174	19.063	b	1.355	0.686	c	0.002	0.497	b	0.0067	
2	47.963	b	16.776	48.704	b	16.159	46.296	c	20.028	48.333	bc	16.359	48.148	b	16.647	27.897	a	2.823	0.705	b	0.0109	0.472	dc	0.0121
3	44.444	b	15.931	36.667	c	16.911	52.778	bc	22.407	45.000	c	16.477	45.278	b	16.209	29.215	a	3.151	0.713	a	0.0047	0.477	c	0.0052
4	62.222	a	19.140	61.111	a	30.196	66.111	ab	17.398	60.556	ab	22.285	63.333	a	20.201	27.725	a	0.631	0.702	b	0.0011	0.469	d	0.0026
5	71.667	a	25.912	37.963	bc	14.667	72.037	a	22.752	72.037	a	25.088	72.037	a	24.731	18.195	b	2.443	0.715	a	0.0047	0.529	a	0.0113

Grupo	Densidad aparente y molido Café tostado		pH		Contenido % aceite		Sólidos solubles		°Brix		Rendimiento extracción		Diámetro partícula								
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS							
1	0.377	b	*0.0040	4.971	a	0.0682	12.196	c	0.583	1.631	c	0.1726	2.328	a	0.2286	17.698	a	0.8796	554.17	a	15.887
2	0.359	e	0.0063	4.898	b	0.0898	13.280	a	0.625	1.704	ab	0.0904	2.166	b	0.1210	17.161	bc	0.9075	527.41	cd	7.964
3	0.373	c	0.0073	4.907	b	0.1793	12.581	b	0.589	1.727	a	0.0760	2.125	bc	0.0684	17.332	ab	0.7834	530.73	c	10.521
4	0.363	d	0.0053	4.771	c	0.0251	12.818	b	0.502	1.646	bc	0.0450	2.095	bc	0.0574	16.640	c	0.7060	522.10	d	13.053
5	0.396	a	0.0060	4.749	c	0.0207	12.214	c	0.446	1.647	bc	0.0573	2.074	c	0.0637	16.782	c	0.6397	538.22	b	11.392

*(Para cada variable), medias con igual letra son iguales estadísticamente

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos al Comité de Cafeteros del Tolima, al panel de catación de Cenicafé y a la Dra. Esther Cecilia Montoya de la disciplina de Biometría de Cenicafé por su colaboración en el desarrollo de la investigación.

LITERATURA CITADA

1. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. Official methods of analysis of AOAC International. 16. ed. Arlington, AOAC, 1995. p.v.
2. ASTÚA R., J.G. Motivación hacia la productividad, elaboración, calidad y torrefacción del café. Boletín de PROMECAFE No. 75:17-18. 1997.
3. CABALLERO R., A.; BALDIÓN R., J. V. Proyecto caracterización agroecológica de la zona cafetera colombiana; ecotopos cafeteros. Bogotá, FEDERACAFE, 1993. 84 p.
4. CABRERA S., C. A.; ACEVEDO F., A.; LACERRA E., J. A. Algunos índices del *Coffea arabica* L. a diferentes alturas del Escambray años 1986 y 1987. Centro Agrícola 18 (1):81-96. 1991.
5. CLARKE, R.J.; MACRAE, R. Coffee technology. Londres, Elsevier Applied Science, 1987. 321 p.
6. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FEDERACAFE. BOGOTA. COLOMBIA. Sistema de Información Cafetera, Encuesta Nacional Cafetera, Estadísticas Cafeteras, informe final. Bogotá, FEDERACAFE, 1997. 178 p.
7. FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA - FEDERACAFE. BOGOTA. COLOMBIA. Normas sobre calidad del café. Bogotá, FEDERACAFE, 1988. 4 p.
8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS - ICONTEC. BOGOTA. COLOMBIA. Café tostado y molido. Método para la determinación del tamaño de partícula. Bogotá, ICONTEC, 1998. 7 p. (Norma Técnica No. 2441).
9. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS - ICONTEC. BOGOTA. COLOMBIA. Café tostado y molido. Determinación del grado de tosti3n. Método infrarrojo. Bogotá, ICONTEC, 1988. 2 p. (Norma Técnica No. 2442).
10. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS - ICONTEC. BOGOTA. COLOMBIA. café tostado y molido. Bogotá, ICONTEC, 1998. 7 p. (Norma Técnica 3534)
11. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. Instant coffee – Determination of free flow and compacted bulk densities. Suiza, ISO, 1987. 6 p (ISO No. 8460).
12. MENCHÚ E., J. F.; ORTEGA, E. Correlación entre algunas propiedades físicas del café tostado y su calidad inherente. Agronomía. 2 (2):9-19. 1971.
13. PELÁEZ R., A.; MORENO G., E. Vademecum del tostador colombiano. Bogotá, LIQC, 1991. p.v.
14. PUERTA Q., G. I. El beneficio y la calidad del café. Chinchiná, Cenicafé, 1995. 45 p.
15. PUERTA Q., G. I. La evaluación sensorial del café. Chinchiná, Cenicafé, 1995. 7 p.
16. PUERTA Q., G. I. La calidad de las variedades de café *Coffea Arabica* cultivadas en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 1996. 13 p.
17. PUERTA Q., G. I. Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café verde *Coffea Arabica* proceso vía húmeda. Cenicafé 47(4):231-234. 1996.