

CARACTERÍSTICAS DE LA TOSTIÓN DE ALGUNOS SUBPRODUCTOS DE LA TRILLA DE CAFÉ

José Jaime Castaño-Castrillón*; Martha Liliana Torres**

RESUMEN

CASTAÑO C., J.J.; TORRES, M.L. Características de la tostión de algunos subproductos de la trilla de café. Cenicafé 50(4): 259-285. 1999.

Se determinó el efecto del café afectado por insectos sobre las propiedades organolépticas, físico-químicas y de preparación, del café tostado y molido, primer producto de la industrialización del café. Se clasificó el café en tres categorías de daño: grado 1, Grado 2 y Grado 3, y 9 niveles de infestación (desde 0% hasta 100%). Se concluyó que en promedio no se nota disminución de la Impresión Global del Producto hasta una infestación del 50% para el café brocado grado 1, 30% para el grado 2, y 15% para el grado 3. A pesar de que para infestaciones mayores del 50% existe una disminución en promedio de la Impresión Global para el grado 1, ésta es de total rechazo solo para infestaciones del 100% (3), y 50% para los grados 2 y 3. En las evaluaciones sólo se utilizó café fresco.

Palabras claves: Productos, café tostado, café brocado, defectos de los granos, daños por broca, *Hypothenemus hampei*, calidad del café.

ABSTRACT

The effect of coffee attacked by insects on organoleptical, physico-chemical, and preparation properties was determined in roasted and ground coffee, the primary product of coffee industrialization. Coffee was classified in three categories: Grade 1, Grade 2, and Grade 3; and nine levels of infestation (from 0% to 100%). It could be concluded that, in average, there was no apparent reduction of the Global Impression of the product up to infestation level 50% for bored coffee Grade 1, 30% for Grade 2, and 15% for Grade 3. Even though there was an average decrease in Global Impression for infestation above 50% for Grade 1, this category is rejected totally only with 100% infestations (Grade 3), and 50% for Grades 2 and 3. Only fresh coffee was used in the evaluations.

Keywords: Products, roasted coffee, bored coffee, bean defects, coffee berry borer damage, *Hypothenemus hampei*, coffee quality.

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

** Tecnóloga Química en Productos Vegetales, Programa de Industrialización, Cenicafé, Chinchiná, Caldas.

MATERIALES Y MÉTODOS

La broca del café, *Hypothenemus hampei*, es el insecto más dañino que afecta a los caficultores de Colombia ya que su daño se refleja en la destrucción y en la caída de frutos, además, los frutos perforados por brocas que quedan en el árbol no sólo reducen los rendimientos sino que demeritan la calidad del café (3). La broca es un insecto muy adaptado a sobrevivir en los ecosistemas cafeteros y una vez que llega es imposible su erradicación, por tanto, el cafetero debe aprender a convivir con ella. Colombia presenta condiciones muy favorables para el desarrollo y diseminación de la broca debido a las condiciones de clima y temperatura favorables que no solo hacen que el café produzca todo el año, sino que la broca no tiene impedimentos para reproducirse permanentemente (3).

Actualmente la infestación de los cafetales debida a la broca sigue en aumento, y no se tienen perspectivas de exterminio de la plaga. Se comprueba así la veracidad de la afirmación que aparece en la publicación denominada la Brocarta (3), sobre la necesidad de convivir con la plaga.

Se considera importante estudiar sistemáticamente el efecto que el café perforado por broca, y sus diferentes niveles de perforación, producen sobre la calidad de los productos de las diferentes etapas del proceso de industrialización del café, comenzando por la etapa de torrefacción.

Esta investigación tuvo como propósito el de encontrar posibilidades del café perforado por la broca, como materia prima industrial en el proceso de torrefacción, el cual da origen a café tostado y molido, producto comercializado comúnmente. Se dejaron constantes los parámetros de tostión (óptimos para café normal) y se efectuaron combinaciones de diferentes niveles de infestación y grados de daño, y se estudiaron sus efectos sobre propiedades físico-químicas y sensoriales del café tostado y molido resultante del proceso.

Materia prima. En la Estación Central Naranjal de Cenicafé se recolectaron 2.000kg de café en cereza proveniente de los lotes experimentales que allí existen, y con un porcentaje de infestación de 10 al 12%. El café recolectado correspondió a la variedad Colombia (*Coffea arabica*) y en cada caso el café cereza fue transportado al Beneficiadero Experimental de Cenicafé en donde se procedió a beneficiarlo. El proceso de beneficio incluyó desmucilaginado mecánico, usando el módulo Becolsub (15), y posteriormente un secado mecánico (hasta un 10% de humedad residual) empleando carbón coke. Se obtuvieron aproximadamente 440kg de café pergamino seco, el cual se trilló en la planta de la Cooperativa de Caficultores de Manizales, ubicada en Chinchiná, donde se obtuvieron aproximadamente 390kg de café trillado.

El café resultante se transportó a la Planta Piloto de Física Técnica, ubicada en Planalto, Cenicafé, donde 6 escogedores seleccionaron los diferentes lotes de café brocado, selección que duró aproximadamente dos semanas.

Al final del proceso de selección, se obtuvieron unos 25kg de café almendra sin defectos, y 4,5kg de café almendra de cada uno de los grados de perforado por la broca del café, sin otro defecto. Esta materia prima se guardó en condiciones de refrigeración a una temperatura de 4°C en recipientes de plástico cilíndricos cerrados hasta el momento del uso del café (entre 3 y 12 días después). Las diversas mezclas entre infestación y grado de brocado, se efectuaban justo antes de cada tostación. El proceso anterior de recolección y selección se efectuó cuatro veces, una vez para cada repetición. La Tabla 1 muestra las diversas mezclas hechas y la asignación de tratamientos efectuada. En cada caso (cuatro repeticiones) se tostó 1kg de la mezcla. El café 100% normal (testigo)

TABLA 1. Asignación de tratamientos en la fase experimental de la caracterización del café perforado por broca tostado. Cenicafé 1997.

Infestación (%)	Grado de daño	Tratamiento
5	GRADO1	1
5	GRADO2	2
5	GRADO3	3
10	GRADO1	4
10	GRADO2	5
10	GRADO3	6
15	GRADO1	7
15	GRADO2	8
15	GRADO3	9
20	GRADO1	10
20	GRADO2	11
20	GRADO3	12
30	GRADO1	13
30	GRADO2	14
30	GRADO3	15
50	GRADO1	16
50	GRADO2	17
50	GRADO3	18
75	GRADO1	19
75	GRADO2	20
75	GRADO3	21
100	GRADO1	22
100	GRADO2	23
100	GRADO3	24
0	GRADO1	25
0	GRADO2	26
0	GRADO3	27

se trató como una mezcla con nivel de infestación 0%, y arbitrariamente, se consideraron tres tratamientos, 25, 26 y 27, para cada grado de brocado con infestación 0%. Estos tres corresponden a café normal, y la asignación se hizo solo para permitir la entrada del café normal dentro del diseño experimental, encuadrada como nivel de un factor.

En la Figura 1 se observa la clasificación del café en los diversos grados de brocado; en ésta, N corresponde a normal, y los valores 1, 2, 3 a los grados 1, 2, y 3 de café brocado, respectivamente, los cuales se definieron de la siguiente forma (10):

Grado 1: Un solo agujero.

Grado 2: Varios agujeros, pero menos de un cuarto del grano perdido.

Grado 3. Más de un cuarto de grano perdido.

La materia prima inicial estuvo constituida por café almendra con diferentes porcentajes de granos perforados por broca, variable denominada infestación, y tres grados de daño, clasificados según explicación anterior, variable a la que se llamó grado de brocado. Los porcentajes de infestación fueron los siguientes: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 50, 75 y 100%.

Diseño experimental. El efecto de los tratamientos se evaluó bajo un modelo de análisis para el diseño completamente aleatorizado, en arreglo factorial 9x3 (9 Indices de infestación, 3 grados de brocado), en la variable principal de



Figura 1. Foto de los tres grados de café brocado, empleados para la clasificación del café almendra, comparados con el normal (N).

respuesta Análisis sensorial, controlando los siguientes aspectos, o variables exógenas:

- Temperatura del tostador al cargar el café
- Velocidad de agitación
- Cantidad de café cargado
- Humedad del grano almendra
- Grado de tostación

El número de unidades experimentales por cada tratamiento fue de 4, y la unidad experimental 1kg de café verde almendra. Se empleó un tostador diseñado y construido anteriormente en Cenicafé.

Otras variables de respuesta, importantes para el seguimiento del efecto de la infestación y el grado de brocado sobre la calidad del café tostado y molido fueron:

- Densidad aparente, Café Almendra
- Densidad aparente, Café Tostado en pepa
- Densidad aparente, Café Tostado y molido
- Humedad
- Color
- pH
- Acidez titulable
- Análisis granulométrico
- °Brix
- Sólidos solubles
- Rendimiento
- Coeficiente de hinchamiento

A todas las variables medidas se les realizó el mismo tratamiento estadístico que se siguió para la variable principal.

Con el fin de reunir condiciones iniciales homogéneas, las unidades experimentales (diferentes mezclas de café normal y perforado por la broca), tuvieron aproximadamente los mismos valores de humedad y análisis físico. Para este caso las condiciones de operación del tostador se observan en la Tabla 2.

Procedimiento experimental. Antes de cada repetición y empleando el procedimiento PLAN del lenguaje SAS versión 6.08 (16) se generó un ordenamiento aleatorio de los 27 tratamientos, el cual marcaba el orden en el que se efectuarían las 27 tostaciones. Estas se realizaron durante un período de dos semanas, con el objeto de sincronizar el experimento con la disponibilidad de tiempo del panel de catación de Cenicafé. El panel evaluó las muestras en 5 sesiones (3 de 5 muestras, durante la primera semana y 2 de 6 durante la segunda). Se efectuaron cinco tostaciones diarias, y entre cada tostación, se dejaba un período de una hora con objeto de que el equipo recuperara sus condiciones iniciales, garantizando así la independencia de las tostaciones entre sí.

Tanto al café almendra normal como al café perforado por broca provenientes de la selec-

TABLA 2. Condiciones de operación del tostador de Café.

Parámetro	Valor
Cantidad café cargado	1kg
Porcentaje de Humedad	10,8%
Temperatura al cargar	220°C (210°C después de cargar)
Relación Agua/Café (ml/g)	80ml/kg
Velocidad de Aspersión	8 ml/seg (Presión 8 psi)
Tipo de Agua	De acueducto (Manizales)
Velocidad de Agitación	180 rpm (Aprox.)
Tiempo de Tostación	11-14 min
Color	320-350, medido en colorímetro Quantik IR-800

ción, y para cada repetición, se efectuó un análisis físico con el objeto de caracterizar el tipo de materia prima, siguiendo parámetros estándares de clasificación de café en almendra (11). Antes de efectuar cada tostación, a la mezcla respectiva se efectuaron los siguientes análisis:

Humedad del café en almendra (HUMVER).

Se efectuó en un medidor de humedad por el método de constante dieléctrica, KAPPA AK60 B (KAPPA JANES LTD. Shepperton, Middx., England) previamente calibrado. Esta medida se efectuó dos veces.

Densidad aparente del café en almendra (DENVER).

Debido a la pequeña cantidad de muestra usada no se emplearon las metodologías estandarizadas para medir densidad aparente en grano, sino que se recurrió a la norma Técnica Colombiana NTC 4084, Café Tostado y Molido. Método para la Determinación de la Densidad por Compactación (8). Este mismo método se empleó para la determinación de la Densidad Aparente del café tostado en grano, y del café tostado y molido, para el cual se formuló específicamente. Se empleó el Analizador Volumétrico Quantik VU-80 (IPRELENZO LTDA) que llena los requerimientos de la norma mencionada. Cada medida se efectuó dos veces.

Una vez realizadas estas medidas, se procedió a tostar el café en el equipo bajo las condiciones descritas en la Tabla 2. Al momento de cargar el tostador la temperatura se encontraba en 220°C, pero inmediatamente se bajaba a 210°C. El proceso se continuó hasta obtener el color requerido (de 320 a 350 según colorímetro Quantik IR-800). Después de realizada la tostación, y una vez enfriado el grano, se determinó la pérdida de peso (PP) según la ecuación 1.

$$\% pp = \frac{(w_i - w_f) * 100}{w_i} \quad \langle\langle 1 \rangle\rangle$$

donde:

W_i : Peso inicial del café en almendra

W_f : Peso final del café tostado

El café obtenido, 900g aproximadamente, se molió en un molino Kenia marca Probat (PROBAT-WERKE von Gimborn Maschinenfabrik GmbH, 100752, D-46427 Emmerich, Alemania), graduado en 2,5 (molienda media, adecuada para la técnica de elaboración de extracto empleada por el panel de catación). Posteriormente se mandaban 120g al Laboratorio de Química Industrial para análisis por el Panel de Catación.

Análisis sensorial. Este análisis fue efectuado por el Panel de Catación de Cenicafé; el café se tostó y molió según sus requerimientos (colores entre 320 y 350, Molienda 2,5). Puerta *et al.* (13) describen el funcionamiento del panel; aquí solo se mencionan las siguientes generalidades. El panel califica el producto según 6 características:

1. Intensidad del Aroma (INTAROMA).
2. Aroma de la bebida (AROMBEB).
3. Acidez Organoléptica (ADIDEZO).
4. Amargo (AMARGO).
5. Cuerpo (CUERPO).
6. Impresión Global (IMPREGLO).

De éstas, la más importante es la Impresión Global (IMPREGLO), puesto que es la calificación global que se le da a la muestra problema, y tiene en cuenta todas las demás características. El panel emplea la siguiente escala en sus calificaciones, (12):

- 9, 8, 7: Buena Calidad, 9 la mejor calificación.
- 6, 5, 4: Regular Calidad.
- 3, 2, 1: Mala Calidad, 1 total rechazo.

Adicionalmente, cada juez siempre describe la calidad de cada característica con un término, previamente codificado (12), como FTO (Fermento), SUC (Sucio), REP (Reposado), QUE

(Quemado), etc. Para esta investigación, la mayoría de las veces las muestras fueron probadas por tres catadores, y siempre cada juez probó la muestra dos veces durante la sesión.

La información generada por el panel se sometió a un pretratamiento estadístico que descartaba valores muy alejados del promedio, según la técnica expuesta por Bauer (2). Esta se corrió a través de un programa en lenguaje SAS, que repite el proceso sucesivamente hasta que no efectúa más descartes (16,17). Los valores finalmente aceptados son los considerados para efectuar promedios. El programa, a su vez, hace un análisis de varianza de dos vías para efectos principales, para cada característica de panel con Muestra y Juez como factores, aplicando también el test de discriminación de promedios de Tukey. Finalmente, calcula los promedios para cada característica y muestra, y los despliega en forma de Tabla y Diagrama de estrella. Estos promedios fueron finalmente considerados en el análisis final del diseño experimental.

Densidad aparente del café tostado en grano (DENGRA). Antes de efectuar el molido se midió la densidad aparente del Café Tostado en Grano siguiendo la Norma Técnica ICONTEC (8), que a su vez es la misma usada para determinar la densidad aparente del grano en almendra.

Coefficiente de hinchamiento (HINCHA). A partir de la densidad aparente del grano en almendra y de la densidad aparente del grano tostado, se definió el Coeficiente de hinchamiento, Ecuación 2:

$$HINCHA = \frac{(DENVER * (1 - \frac{PP}{100}) - DENGRA) * 100}{DENGRA}$$

<<2>>

donde:

- HINCHA= Coeficiente de hinchamiento
- DENVER= Densidad aparente del café en almendra
- DENGRA= Densidad aparente del café tostado en grano
- PP = Pérdida de peso

Este coeficiente da una idea del grado de “hinchamiento”, que experimenta el grano debido al proceso de tostión.

Densidad aparente del café tostado y molido (DENTYM). Después de efectuado el molido, se determinó la densidad aparente del café tostado y molido mediante el procedimiento descrito por el ICONTEC (8).

Humedad café tostado y molido (HUMTOST). Para determinar la humedad en estufa del café tostado y molido, se empleó la Norma NTC 2558 (7).

Color (COLOR). La medida de color se efectuó según el ICONTEC (6). Se varió en la granulometría usada para la medida, ya que fue la misma que la empleada para realizar el trabajo. Se utilizó un Colorímetro Quantik IR-800 (IPRELENZO LTDA), (14).

Granulometría. Indica el comportamiento del grano tostado en el proceso de molienda; una molienda adecuada, que tenga poca dispersión alrededor del tamaño de partícula buscado, o sea, poca concentración de finos y gruesos garantiza una eficiente extracción, según el método de preparación de la bebida deseado. Es necesario aclarar que cada técnica de preparación requiere un grado de molienda óptimo. El análisis granulométrico tiene como fin determinar el tamaño promedio de partícula para cada tostión experimental. Como se explicó anteriormente, el café se molió siempre en las mismas condiciones (molienda media). Se supone que es posible encontrar variaciones en la Resistencia Mecánica del Café Tostado, debido a la presencia de granos perforado por broca, y por

tanto, producir parámetros granulométricos diferentes, así se empleen siempre las mismas condiciones de molienda.

Este análisis se efectuó según el ICONTEC (5), excepto que en este caso, se usaron los tamices 12, 16, 20, 30, 45, 60, 80, y FONDO según denominación A.S.T.M.E.-11, y no el juego de tamices que sugiere la norma que es 20, 30, 40, 50, 70, y FONDO, según la misma especificación; lo anterior por considerar que el uso del primer juego de tamices ofrece una mejor resolución del perfil granulométrico. Por lo demás, se siguió enteramente el procedimiento descrito en la Norma. Se usó la máquina tamizadora del tipo RoTap, modelo RX-29 (W.S. TYLER, 8570 Tyler Blvd, Mentor USA), provista de tamices de altura completa, fabricados en acero inoxidable por W.S. TYLER, adaptados a la especificación A.S.T.M.E.-11.

Empleando las técnicas de cálculo matemático, indicadas en la Norma, se encontró para cada experimento el Tamaño promedio de partícula (DIAM50), el Índice de uniformidad (DISPERSI), y adicionalmente se calculó el Diámetro Rossin-Rammler (1) (DIAM36), que se define como el diámetro para una retención de (100/e), equivalente a aproximadamente 36,8%. También se analizaron las retenciones parciales en cada tamiz que se denominaron de la siguiente forma:

- RET12: Retenido en malla 12.
- RET16: Retenido en malla 16.
- RET20: Retenido en malla 20.
- RET30: Retenido en malla 30.
- RET45: Retenido en malla 45.
- RET60: Retenido en malla 60.
- RET80: Retenido en malla 80.
- RETFONDO: Retenido en FONDO.

Parámetros medidos sobre extracto de café.

Los parámetros que se mencionarán más adelante requieren de una extracción sólido-líquido. Esta extracción se efectuó usando el siguiente equipo:

- Cafetera de goteo marca Shimasu (Incelt, Santafé de Bogotá, Colombia).
- Filtro melitta # 4.
- Probeta de 250 ml.
- Beaker.
- Café tostado y molido.
- Agua destilada.

El extracto se obtuvo así: Se pesaron 12g de café tostado y molido sobre el filtro melitta #4. Se midieron en la probeta 200ml de agua destilada, la cual se depositó en el tanque de la cafetera. Se encendió la cafetera, se dejó enfriar el extracto obtenido hasta la temperatura ambiente y luego se pesó la bebida obtenida. El peso de la bebida obtenida se utilizó posteriormente para obtener el rendimiento de la extracción.

A partir de este extracto se efectuaron las siguientes medidas:

°Brix (BRIX). Se realizó con un refractómetro digital Palette PR-100, (Atago Co, ltd, 32-10 Honcho, Itabashi-Ku Tokyo 173, Japón), el cual hubo necesidad de calibrarlo inicialmente con agua destilada.

Sólidos Solubles (por estufa)(SOLISOL). Se determinaron con un proceso similar al de la determinación de humedad. Varió en la muestra a medir, caso para el cual se adicionan sobre las cajas 10,0g de extracto de café. Esta medida se tomó por triplicado, aplicando la Ecuación 3:

$$SS = \frac{(P_f - P_v)}{(P_i - P_v)} * 100 \quad \ll 3 \gg$$

donde:

P_i = Peso inicial de la caja más la muestra.

P_f = Peso final de la caja más la muestra.

P_v = Peso de la Caja de Petri vacía.

Este parámetro, junto con el Rendimiento, define la eficiencia del proceso de Extracción. Se considera que el valor óptimo debe estar entre 1,15 y 1,35% (9). La Tabla 3 muestra las denominaciones comunes empleadas para definir los diferentes rangos de Extracción y Sólidos Solubles (11).

pH (PH). Se utilizó un pH-metro digital, Mettler Toledo 340 (Mettler-Toledo Ltd, 64 Boston Road, Beaumont Leys, Leicester LE4 1AW, England), (calibrado anticipadamente con los respectivos Buffer, según el manual). Se agitó la muestra manualmente o con plancha de agitación y se observó la lectura.

Acidez (ACIDEZT). Se obtuvo titulando una muestra diluida de café, (10ml de extracto con 150ml de agua destilada), con NaOH 0,1N hasta obtener un pH de 7,0. La acidez del café se expresa como Xml de NaOH necesarios para neutralizar 12g de café tostado y molido.

Rendimiento (RENDIM). Se calculó a partir del peso del extracto, la fracción de sólidos solubles y la cantidad de café cargado, por medio de la Ecuación 4:

$$RENDIM = \frac{P_{EXT} * SOLISOL * 100}{P_C} \quad \ll 4 \gg$$

donde:

- RENDIM= Rendimiento
- Pext= Peso extracto obtenido
- SOLISOL= Sólidos Solubles medidos por el método de estufa.
- Pc= Peso de café cargado para efectuar la extracción.

Este parámetro mide cuánto del peso de producto usado para efectuar la preparación, queda realmente en la bebida. Se considera comúnmente que el valor óptimo de Rendimiento esté entre 18 y 22% (9).

Las medidas efectuadas de Rendimiento, Sólidos Solubles y Granulometría tienen como propósito comprobar la influencia del Nivel de Infestación y el Grado de Brocado en los parámetros que definen la preparación de la bebida.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Materia prima. Los resultados del análisis físico para el café en almendra sano de las cuatro repeticiones dieron como resultado, la clasificación de Consumo Superior según norma de clasificación de Almacafé (11). La Tabla 4 muestra la estadística descriptiva correspondiente a las variables controladas Humedad

TABLA 3. Denominaciones acostumbradas para describir los diferentes rangos de valores de la concentración de la bebida de café y el rendimiento de extracción obtenido. Adaptado de Peláez (11).

PARAMETRO	VALOR	DENOMINACION
CONCENTRACION	Menor a 1,00	Aguada
	1,00-1,15	Clara
	1,16-1,35	Media
	1,36-1,50	Oscura
	1,51-2,00	Fuerte
	Mayor a 2,00	Express
% EXTRACCION	Menor a 18	Baja (poco rendimiento)
	18 - 22	Óptimo
	Mayor a 22	Excesiva

TABLA 4. Estadísticas descriptivas generales, para las variables constantes durante la experimentación sobre la caracterización del café perforado por broca tostado. Cenicafé 1997.

Variable	Promedio	Mínimo	Máximo	Rango	Desviación estándar	CV
HUMVER (%)	10,8	9,63	11,6	1,97	0,63	5,83
PP (%)	12,1	10,14	13,85	3,71	0,76	6,32
COLOR (u.r.)	337,64	289	379	90	16,36	4,84

Café Almendra, Pérdida de Peso y Color. Allí se observan bajos coeficientes de variación, en cada una de ellas.

Análisis sensorial. En la Tabla 5 se consignan los resultados obtenidos. En general, se utilizó el siguiente procedimiento para registrar resultados: en los casos en los cuales la variable presentó una interacción significativa a un nivel de confianza del 95% (probabilidad < 0,05) se efectuó un análisis para la Infestación, dejando constante el Grado de brocado. Cuando la interacción no resultó ser significativa se analiza-

ron los factores principales. Los tratamientos respectivos (TRATAM) están definidos en la Tabla 1.

Teniendo en cuenta que fueron muchos los casos en los que se encontró interacción, y que en algunos sin interacción (al 95% de probabilidad) se encontró falta de uniformidad (como en el caso de IMPREGLO) de la respuesta de la variable con relación al grado de brocado, se decidió hacer un análisis diferente para cada grado de brocado, o sea, en vez de un análisis de varianza de dos vías siempre se efectuaron tres

TABLA 5. Resultados del análisis estadístico para las variables correspondientes al análisis sensorial de muestras de café perforado por broca. Cenicafé 1997.

Variable	CV	Factor	Probabilidad
(IMPREGLO) ^{1/2}	18,495	GRABRO	0,0068
		INFESTA	0,0000
		INTERAC	0,2982
		TRATAM	0,0000
(INTAROMA) ²	27,638	GRABRO	0,0000
		INFESTA	0,0000
		INTERAC	0,0088
		TRATAM	0,0000
(AROMBEB) ²	27,935	GRABRO	0,0002
		INFESTA	0,0000
		INTERAC	0,0003
		TRATAM	0,0000
(AMARGO) ^{1/2}	12,264	GRABRO	0,0004
		INFESTA	0,0000
		INTERAC	0,0012
		TRATAM	0,0000
ACIDEZO	28,129	GRABRO	0,0249
		INFESTA	0,0000
		INTERAC	0,0526
		TRATAM	0,0000
CUERPO	28,462	GRABRO	0,0036
		INFESTA	0,0000
		INTERAC	0,0419
		TRATAM	0,0000

análisis de una vía (uno por cada grado de brocado).

Impresión global (IMPREGLO). En las Tablas 6 y 7 se muestran los resultados para IMPREGLO, con relación al Grado de brocado y a la Infestación, respectivamente. Se presenta tanto el valor de la variable transformada como sin transformar. A la derecha se presenta el agrupamiento Tukey correspondiente; en ambos casos este agrupamiento se puede interpretar como que existe diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no hay conjuntos de promedios significativamente diferentes. En particular, en lo que a Grado de brocado se refiere, se observa que existe una diferencia significativa (con el 95% de confianza) entre el GRADO1 y el GRADO3, aunque ningún grado tiene menos de 3 de calificación (de rechazo). En lo que a Infestación se refiere se observa que no hay diferencia significativa entre las infestaciones de la 0% (normal) a la 50%, pero si existe diferencia significativa en-

tre la infestación 0% (normal) y 75%, y 100%. Se observa también que solo los valores de infestación de 75% y 100% muestran calificaciones menores de 3 (rechazo, según la escala de calificación del panel).

La Figura 2 es una gráfica de la Impresión Global contra la Infestación para cada Grado de brocado; es un gráfico de dispersión en el cual la Infestación se despliega como variable numérica, e ilustra la variación de la Impresión Global con la Infestación y el Grado de brocado. Para cada caso se graficó el promedio, junto con una barra cuya magnitud es el doble de la desviación estándar respectiva. En la Figura se puede observar como en general, la Impresión Global disminuye a medida que aumenta la infestación, encontrándose la curva para GRADO3, más baja que para GRADO2, y GRADO1. Se observa que los promedios correspondientes a la línea de GRADO1 siempre están por encima de 3 (rechazo), incluso para el caso de infestación 100%; la línea para GRADO2 cae

TABLA 6. Promedios para IMPREGLO y ACIDEZO por cada grado de café brocado. Promedios con diferente letra son significativamente diferentes, Tukey 5%.

GRABRO	(IMPREGLO) ^{1/2}	IMPREGLO	ACIDEZO
GRADO1	2,051a	4,209a	4,684a
GRADO2	1,949ab	3,799ab	4,344ab
GRADO3	1,78b	3,169 b	3,96b

TABLA 7. Promedios para IMPREGLO, y ACIDEZO, por cada infestación. Con el 95% de confianza promedios con diferente letra son significativamente diferentes según prueba de discriminación de Tukey.

INFESTA (%)	(IMPREGLO) ^{1/2}	IMPREGLO	ACIDEZO
0	2,193a	4,810a	5,412a
10	2,142a	4,587a	5,033ab
15	2,112a	4,461a	4,938ab
5	2,11a	4,454a	4,639ab
20	2,026a	4,103a	5,06ab
30	1,998a	3,99a	4,472abc
50	1,761ab	3,1ab	3,736bcd
75	1,531b	2,343b	2,956cd
100	1,47b	2,162b	2,719d/b

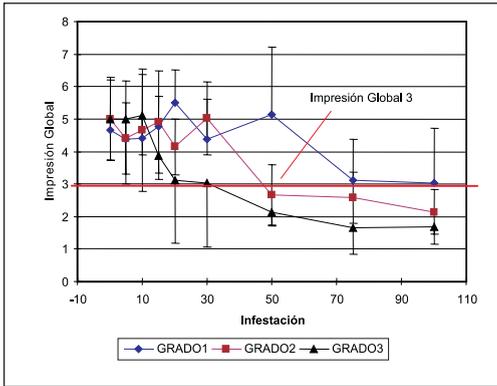


Figura 2. Gráfico de Impresión Global de la bebida de café vs Infestación para cada grado de brocado.

bajo 3 desde 50% en adelante y la de GRADO3 desde 30% en adelante. Para GRADO1 los promedios se mantienen entre 4 y 6 hasta una infestación del 50%, para GRADO2 hasta 30%, y para GRADO3 hasta 10%. Es notorio el hecho de que a bajas infestaciones (<30%), prácticamente el Grado de brocado no tiene influencia en IMPREGLO, pero a partir de este valor en 50, 75, y 100%, el Grado de brocado GRADO3, comienza a ser sistemáticamente el peor calificado de los 3.

El análisis de la Figura 2 conlleva a pensar que el comportamiento de la Impresión Global con relación a la Infestación depende del grado de brocado, contrariamente a lo que sugiere el valor de la probabilidad encontrado para la interacción, por lo cual se decidió efectuar un análisis de la Impresión Global por Grado de brocado. La Tabla 8 muestra los resultados de este análisis; allí se observa, según el valor de la probabilidad, que para GRABRO = GRADO1, no hay influencia significativa de la Infestación, e IMPREGLO siempre se mantiene mayor que 3 como se observa en la gráfica. Para GRADO2 y GRADO3 si hay influencia significativa de la Infestación, pero en general se puede decir que hay diferencia significativa (al 95% de confianza) entre algunos pares de promedios pero no hay grupos de promedios significativamente diferentes, y se confirman las observaciones realizadas.

Intensidad del aroma. Esta es una calificación dada por el catador a la Intensidad del Aroma percibida en seco, antes de preparar la infusión. En este caso también valores inferiores a tres son de rechazo. En los análisis iniciales efectuados se detectó interacción entre GRABRO e

TABLA 8. Discriminación de promedios con relación a la infestación para Impresión Global por cada grado de café brocado. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

IMPREGLO	GRADO3	GRADO2	GRADO1
PROB	0,0023 SOBRE	0,0163	0,4217
	“LOG10(IMPREGLO)”		
INFESTA (%)	PROMEDIO IMPREGLO		
10	5,0049a	4,668ab	4,418a
0	4,8643a	5a	4,665a
5	4,559a	4,408ab	4,365a
15	3,8223ab	4,915ab	4,783a
20	2,778ab	4,148ab	5,5a
30	2,677ab	5,03a	4,375a
50	2,1026ab	2,658ab	5,125a
75	1,5201b	2,595ab	3,105a
100	1,6154b	2,145b	3,023a

INFESTA, por lo que se decidió efectuar el análisis estadístico por nivel de GRABRO. La Tabla 9 muestra los resultados de este análisis. Tanto para el caso de GRADO2 como de GRADO1 fue necesario transformar la variable a (INTAROMA)³, para poder efectuar el análisis. Se tienen en este caso conclusiones análogas al caso de IMPREGLO, para GRADO1, se acepta la Hipótesis Nula, o sea con el 95% de confianza la Infestación no está afectando la Intensidad del Aroma. Para GRADO1 y GRADO2, se rechaza la Hipótesis nula. La Tabla 9 muestra la discriminación de promedios para estos casos, la cual puede interpretarse diciendo que existe diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no hay conjuntos de promedios significativamente diferentes. Se nota igualmente que la discriminación para GRADO3 es mayor que para GRADO2. La Figura 3 muestra gráficamente las dependencias mencionadas y para ella son válidas las mismas convenciones que para la Figura 2. En estas figuras se observa la poca variación de la Intensidad de Aroma con respecto a la Infestación para GRADO1, cuyo valor siempre estuvo entre 4 y 7. Es notorio también el hecho de que en ningún caso el valor promedio de INTAROMA bajó de 3 (Rechazo); resalta el hecho de que hasta Infestación 30%, prácticamente no existe influencia del Grado de

Brocado, el cual tiene más influencia en 50, 75 y 100%.

Aroma de la bebida. La medida del Aroma de la Bebida se efectúa sobre la bebida de café recién elaborada. Como lo muestra la Tabla 5 en este caso el análisis estadístico mostró interacción entre INFESTACION y GRABRO, por lo que se efectuó un análisis por nivel de GRABRO. La Tabla 10 muestra los resultados de este análisis; allí se observa que para el caso de GRABRO=GRADO1, fue necesario efectuar una transformación para poder realizar el análisis, caso para el cual la probabilidad es menor

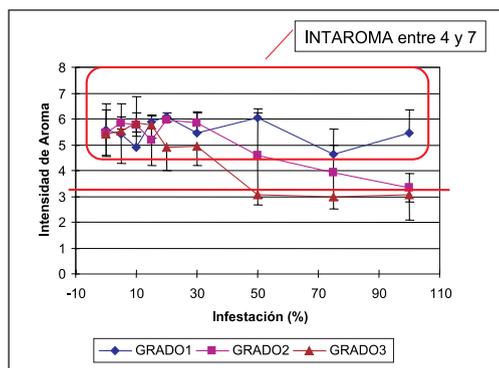


Figura 3. Gráfico de Intensidad de Aroma vs Infestación para cada grado de brocado.

TABLA 9. Discriminación de promedios con relación a la infestación para Intensidad de Aroma por cada grado de café brocado. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

INTAROMA PROB	GRADO 3 0,0000	GRADO 2 0,0009 SOBRE (INTAROMA) ³	GRADO 1 0,2358 SOBRE (INTAROMA) ³
INFESTA (%)	PROMEDIO INTAROMA		
10	5,8330a	5,8063ab	5,3783a
15	5,7500a	5,3004abc	5,8829a
5	5,5430a	5,8521ab	5,5866a
0	5,3980a	5,5581abc	5,7119a
30	4,9500a	5,8814ab	5,5498a
20	4,9080ab	5,9584a	6,0859a
100	3,0650abc	3,4083c	5,5525a
50	3,0400c	4,9864abc	6,0571a
75	3,0000c	4,134bc	4,7763a

TABLA 10. Discriminación de promedios con relación a la infestación para aroma de la bebida por cada grado de café brocado. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

AROMBEB	GRADO 3	GRADO 2	GRADO 1
PROB	0,0000	0,0000	0,0349 SOBRE (AROMBEB) ^{4,6}
INFESTA (%)	PROMEDIO DE AROMBEB		
0	5,938a	5,918a	6,0372a
10	5,625a	5,293abc	4,9509a
15	5,543a	5,000abc	5,9236a
5	5,293ab	5,798a	5,4089a
30	5,000ab	5,583ab	5,5582a
20	4,770ab	5,855a	5,9522a
50	3,5bc	3,898cd	5,979a
75	2,793c	4,010bcd	4,9782a
100	2,322c	2,792d	5,2475a

de 0,05, que indica una influencia significativa del Nivel de Infestación. Sin embargo, al aplicar la prueba de discriminación de promedios de Tukey no arrojó ningún par de promedios significativamente diferentes entre sí, ni al 90%, ni al 95% de significancia. Para GRABRO=GRADO2, y GRADO3 la prueba de Tukey arrojó diferencias significativas entre algunos pares de promedios, pero no conjuntos de promedios significativamente diferentes. La Figura 4 despliega gráficamente los resultados de la Tabla 10; es notoria la constancia del

aroma de la bebida para el caso de GRADO1, observándose que para este caso ningún producto fue calificado con una nota menor de 4. Para GRADO2, y GRADO3, sí se nota una disminución del Aroma de la Bebida a medida que aumenta el nivel de Infestación, más pronunciada para el caso de GRADO3. Sólo para GRADO3, Y GRADO2, 100% y GRADO3, 75% se obtuvieron, en promedio, notas menores de 3 (rechazo). Lo anterior contrasta con el caso de la Intensidad del Aroma para el cual nunca se obtuvieron calificaciones en promedio menores de tres. Pareciera como si el defecto “Café Brocado”, fuera más notorio en el aroma de la bebida, que en el aroma en seco. Se nota igualmente en la gráfica que el Grado de Brocado comienza a tener influencia significativa solo a partir de la Infestación 50%.

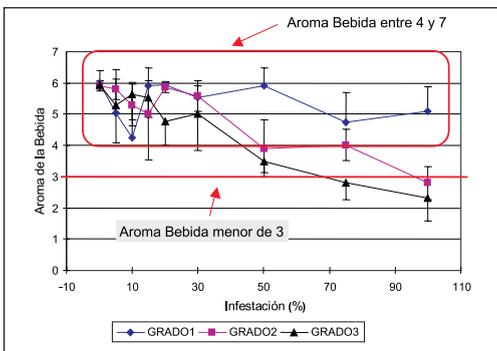


Figura 4. Gráfico del Aroma de la bebida vs Infestación para cada grado de brocado.

Cuerpo de la bebida. En general, el café colombiano presenta un cuerpo medio. La Tabla 11 resume los resultados encontrados para el cuerpo de las muestras de café. También en este caso se encontró interacción entre INFESTACION y GRABRO, por lo que se realizó un análisis por Grado de Brocado. La Tabla muestra que, debido al valor de la probabilidad

TABLA 11. Discriminación de promedios con relación a la Infestación para Cuerpo por cada grado de café brocado. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

CUERPO	GRADO 3	GRADO 2	GRADO 1
PROB	0,0000 SOBRE (CUERPO) ^{1/2}	0,0012	0,0648
INFESTA (%)	PROMEDIO DE CUERPO		
5	5,177a	4,793abc	4,532a
0	4,8493a	5,083abc	4,665a
10	4,5678a	5,168ab	3,833a
15	4,4619ab	4,708abc	4,845a
30	3,3154abc	5,365a	4,665a
20	2,9639abc	4,418abcd	5,668a
50	2,1228bc	2,75cd	5,125a
100	1,7315c	2,293d	3,035a
75	1,5928c	2,77bcd	2,977a

(>0,05) se acepta la hipótesis nula para GRABRO=GRADO1, o sea, en este caso la Infestación no está influyendo en el valor del Cuerpo, tal y como ha sucedido con todas las otras características sensoriales estudiadas. Para GRABRO=GRADO2 y GRADO3, si se presenta una influencia significativa de la Infestación y existe diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no hay conjuntos de promedios significativamente diferentes. También, como sucedió con las otras características, el efecto fue más notorio para GRADO3. En la Figura 5 es posible deducir las afirmaciones anteriores, pero también es notoria una considerable

caída del valor del Cuerpo para Infestaciones por encima del 50%, para GRADO1, por encima del 30% para GRADO2, y del 15% para GRADO3. En general, según se infiere de esta gráfica, el Cuerpo es más sensible que las otras características sensoriales analizadas hasta ahora, tanto al Grado de Brocado como al Nivel de Infestación. Como se observa en la gráfica, solo hasta los niveles de Infestación mencionados, para cada Grado de Brocado se mantienen los valores de Cuerpo entre 4 y 6; en general para valores de Infestación de 75 y 100%, para el caso de GRADO1, de 50, 75 y 100%, para GRADO2, y de 15% en adelante para GRADO3, el Cuerpo cae a valores menores de 3 (rechazo). Se nota igualmente una influencia significativa del Grado de Brocado sólo para valores de 50, 75 y 100% de infestación.

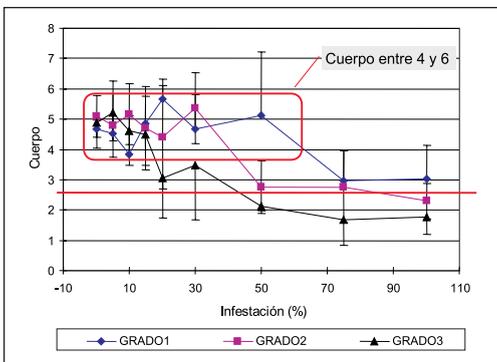


Figura 5. Gráfico del Cuerpo de la bebida vs Infestación para cada grado de brocado.

Acidez organoléptica (ACIDEZO). En la Tabla 12 se resumen los resultados obtenidos. Para GRABRO=GRADO1, no se observó efecto significativo del nivel de infestación ($P = 0,7589$). Para GRADO2 y GRADO3, si se detectaron diferencias significativas entre algunos pares de promedios, no hallándose conjuntos de promedios significativamente diferentes. Las diferencias fueron más pronunciadas en el caso de

TABLA 12. Discriminación de promedios con relación a la infestación para la Acidez Organoléptica para cada grado de café brocado. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

ACIDEZ	GRADO 3	GRADO 2 90%	GRADO 1
PROB	0,0000	0,0048	0,7589
INFESTA (%)	PROMEDIO DE ACIDEZ		
10	5,668 a	5,013 ab	4,412 a
5	5,293 ab	4 ab	4,625 a
0	5,115 ab	5,165 a	4,750 a
15	4,918 ab	5,083 a	4,813 a
20	4,22 ab	5,228 a	5,733 a
30	3,5 abc	5,248 a	4,668 a
50	2,958 bc	3,075 ab	5,175 a
100	1,708 c	2,582 b	3,868 a
75	1,668 c	3,095 ab	4,105 a

GRABRO=GRADO3. La Figura 6 muestra estas diferencias gráficamente; allí se observa cómo los promedios para GRADO1 siempre se mantienen entre 4 y 6 (aceptables), y sólo descienden a valores menores de 3 (rechazos) para valores de infestación de 50, 75 y 100%, y GRADO2 y GRADO3 de Brocado. Se observa igualmente que el efecto del Grado de Brocado comienza a ser importante a partir del 50% de Infestación.

Amargo (AMARGO). Análogamente a lo que ha sucedido en casos anteriores, también el

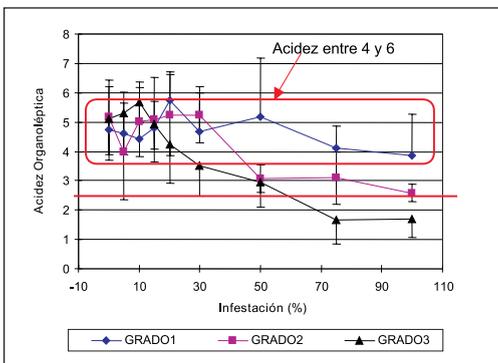


Figura 6. Gráfico de la Acidez Organoléptica vs Infestación para cada grado de brocado.

amargo de la bebida presenta una interacción entre INFESTA y GRABRO, por lo que el análisis estadístico se efectúa por Grado de Brocado. La Tabla 13 muestra los resultados de este análisis; se observa para GRABRO= GRADO1, y GRADO2, una probabilidad mayor de 0,05, lo cual conlleva a una aceptación de la hipótesis nula para ambos Grados de Brocado, o sea, el nivel de Infestación no está afectando a la variable. A pesar de que para GRADO2, también se aceptó la Hipótesis nula, la prueba de Tukey muestra una diferencia significativa entre el mayor valor de Amargo a 0% de Infestación (4,708), y el menor a 100% (2,468). Para GRABRO=GRADO3, la probabilidad es menor de 0,05 conllevando a un rechazo de la Hipótesis Nula; o sea que para este caso, la Infestación sí está influyendo significativamente el Amargo. La discriminación de promedios de Tukey muestra que hay diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no hay conjuntos de promedios significativamente diferentes. La Figura 7 muestra gráficamente estos resultados; se observa allí que para GRADO1, todos los promedios permanecen en un valor mayor a 3 (aceptables) y entre 4 y 6 en todos los casos menos Infestación del 100%, para GRADO2, cae a menos de 3 sólo a valores

TABLA 13. Discriminación de promedios con relación a la infestación para el Amargo de la Bebida por cada grado de café brocado. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

AMARGO	GRADO 3	GRADO 2	GRADO 1
PROB	0,000 SOBRE (AMARGO) ^{1/2}	0,0782	0,2026
INFESTA (%)	PROMEDIO DE AMARGO		
5	5,0168a	4,075ab	4,165a
10	4,7112ab	3,658ab	3,208a
0	4,6103ab	4,708a	4,79a
15	3,5977abc	4,085ab	4,543a
30	3,5023abc	4,178ab	4,355a
20	3 bcd	4,158ab	4,458a
50	2,6194cde	3,75ab	4,763a
100	1,6181de	2,468b	3,478a
75	1,2805e	3,178ab	3,395a

de Infestación del 100%, mientras que para GRADO3 caen sólo las correspondientes a 50, 75, y 100%. Únicamente a partir de una Infestación del 15%, se observa una disminución sistemática del valor promedio del AMARGO, a medida que se pasa de un Grado de Brocado a otro.

Perfiles Sensoriales. Se acostumbra desplegar los resultados del Análisis Sensorial en forma de Perfiles Sensoriales los cuales se definen de varias formas. Una de ellas consiste en trazar un diagrama de estrella colocando el valor de cada

característica en un eje numérico, y posteriormente, uniendo los intersejos de cada eje entre sí. En esta sección se empleará esta representación para ilustrar mejor las diferencias sensoriales entre las diferentes muestras. Como ventaja de estas representaciones, se destaca el que es posible observar todas las características de un producto a la vez. La Figura 8 muestra estos perfiles para café Normal, y 100% GRADO1, 100%GRADO2, y 100% GRADO3. En total, se representan 6 ejes correspondientes a cada una de las características, estando la Impresión Global sobre el eje numerado, y los demás identificados. En cada eje se marca el valor correspondiente a la característica respectiva y los puntos se unen entre sí. Según la escala de calificación usada por el Panel de Catación de Cenicafé, en donde para todas las características incluyendo Acidez y Amargo, mayor valor es mejor, se tendría que el perfil que más área tenga será mejor. En la Figura 8 el área de cada perfil tiene un tono de gris diferente, por ejemplo, el producto 100% Brocado Grado3 está en blanco, y es la menor área indicando claramente que es el peor; sigue en orden hacia afuera el área del 100% Brocado GRADO2 con un tono de gris oscuro, y posteriormente el GRADO1 con un tono aun más oscuro, y el Normal con un gris

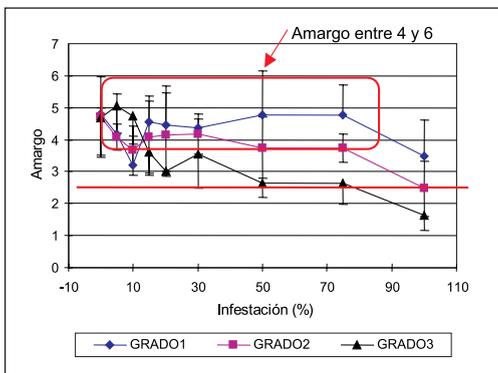


Figura 7. Gráfico del Amargo de la bebida vs Infestación para cada grado de brocado.

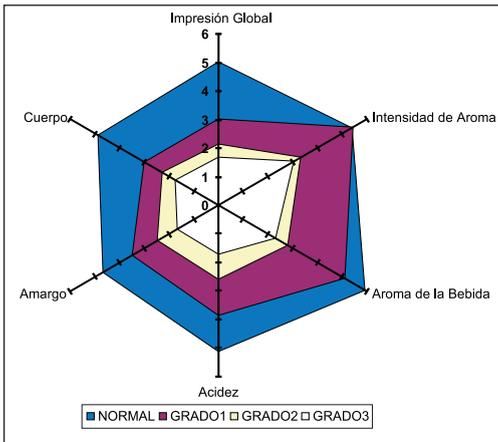


Figura 8. Perfiles Sensoriales para Café Normal y 100% Brocados GRADO1, GRADO2, Y GRADO3.

algo más claro. Se observa que la Intensidad de Aroma y el Aroma de la Bebida son prácticamente iguales en el normal y el GRADO1, pero el área total es definitivamente menor.

Acidez (ACIDEZT, PH). La Tabla 14 muestra los resultados del análisis estadístico por grado de Brocado; a pesar de que el valor de la probabilidad indica para este caso la ausencia de interacción ($P= 0,0997$) por uniformidad y por tendencias mostradas en la gráfica (Figura

9), se prefiere efectuar el análisis para cada Grado de Brocado. Para GRADO1, y GRADO2 según se observa en la Tabla 14, no hay efecto significativo del Nivel de Infestación; para GRADO3 existe efecto significativo y se puede afirmar que existe diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no hay conjuntos de promedios significativamente diferentes; en particular, existe diferencia significativa entre el producto con infestación 0% y los productos con infestación del 75 y 100%.

La Figura 9 confirma estas afirmaciones, y muestra una notable constancia del valor de la Acidez para GRADO1; para GRADO2 se nota en general una tendencia a la disminución, aunque la dispersión de las medidas hace que esta disminución del promedio no sea significativa; para GRADO3 la disminución de la ACIDEZT es mucho más pronunciada, y significativa. Se observa también que prácticamente hasta un valor de Infestación del 30% no hay diferencia entre los promedios para cada Grado de Brocado. A partir de allí, la diferencia de los promedios para cada Nivel de Infestación se acentúa hasta un máximo a niveles de Infestación del 100%. Al comparar los presentes resultados con los obtenidos para Acidez Organoléptica se nota que son bastante parecidos; la

TABLA 14. Discriminación de promedios con relación a la infestación para la Acidez Titulable de la bebida por cada grado de café brocado. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

ACIDEZ T	GRADO 3	GRADO 2	GRADO 1
PROB	0,0123	0,3912	0,9947
INFESTA (%)	PROMEDIO DE ACIDEZ		
0	1,0567a	0,84a	0,92a
15	0,9875ab	0,9875a	0,9025a
5	0,9375ab	0,95a	0,9325a
20	0,915ab	0,8775a	0,9325a
10	0,905ab	0,9a	0,945a
30	0,88ab	0,8925a	0,89a
50	0,72abc	0,8075a	0,9625a
75	0,6125bc	0,7625a	0,85a
100	0,4025c	0,6575a	0,8925a

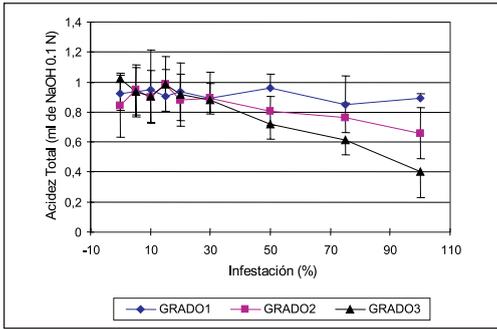


Figura 9. Acidez Titulable de la bebida vs Infestación para cada grado de brocado.

diferencia radica en que en el caso de la acidez organoléptica, el GRADO2 de Brocado si mostró influencia significativa.

La Tabla 15 muestra los resultados para pH. Se observa que para GRADO1 no existe influencia significativa del nivel de Infestación, mientras que para GRADO2 y GRADO3 si existe, y para estos casos, es posible afirmar que existe diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no hay conjuntos de promedios significativamente diferentes; en particular, las diferencias son más marcadas para GRADO3, y se nota una diferencia significativa entre los productos normales y los niveles de

infestación 50, 75, y 100%. La Figura 10 muestra gráficamente los resultados obtenidos; claramente se nota la no-dependencia del pH para el Brocado GRADO1, la mayor dependencia para el Brocado GRADO2, y la aún mayor dependencia para el Brocado GRADO3, donde se nota un aumento prácticamente lineal con el nivel de Infestación. Se observa perfectamente que a medida que el nivel de Infestación aumenta, el efecto del Grado de Brocado es más fuerte, siendo mayor a un nivel de Infestación del 100%. Prácticamente hasta un nivel del 20% no hay diferencias entre los promedios de pH. Los resultados anteriores coinciden completamente

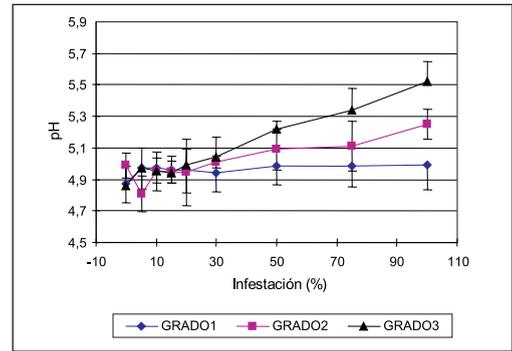


Figura 10. pH de la bebida vs Infestación para cada grado de brocado.

TABLA 15. Discriminación de promedios con relación a la infestación para el pH de la bebida por cada grado de café brocado. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

pH	GRADO 3	GRADO 2	GRADO 1
PROB	0,0000	0,0022	0,931
INFESTA (%)	PROMEDIO DE pH		
100	5,523 a	5,25 a	4,995 a
75	5,338 ab	5,11 ab	4,985 a
50	5,218 bc	5,09 abc	4,983 a
30	5,043 cd	5,013 abc	4,94 a
20	4,995 cd	4,945 bc	4,958 a
5	4,97 cd	4,81 c	4,97 a
10	4,955 cd	4,953 bc	4,975 a
15	4,943 d	4,948 bc	4,963 a
0	4,863 d	4,99 abc	4,87 a

con los obtenidos para Acidez Titulable, y Organoléptica, puesto que a bajos valores de acidez corresponden altos valores de pH.

En cuanto a los resultados anteriores, en general, se puede comentar que confirman la disminución de Acidez (aumento de pH) cuando se emplean materias primas de baja calidad, por ejemplo, se sabe que cuando se usan pasillas como materia prima, el pH de los productos aumenta. Lo notorio en cuanto a la acidez se refiere es la constancia de ésta para el caso de Brocado GRADO1, y que para los GRADOS 2 y 3 sólo comienza a alterarse notablemente para valores de infestación del 30% en adelante.

Densidad. La Tabla 16 muestra los resultados obtenidos para la Densidad del Grano Almendra (DENVER), y se observan efectos significativos para todos los grados de Brocado. Para GRADO1 se nota el menor efecto y la discriminación de promedios muestra diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no hay conjuntos de promedios significativamente diferentes. El efecto es mayor para GRADO2 y en particular, la discriminación de promedios muestra dos conjuntos significativamente diferentes (0, 5, 10, 15, 20, 30, 50) y (75, 100).

El efecto mayor es para GRADO3 y la discriminación de promedios muestra cuatro conjuntos significativamente diferentes (0, 5, 10, 15, 20, 30), (50), (75) y (100). En la Figura 11 se muestra la gráfica de los resultados anteriores; se observa la disminución de la densidad con el nivel de Infestación, y cómo el efecto es más marcado cuando se aumenta de Grado de Brocado. También llama la atención la notable linealidad de las gráficas. Igualmente se observa que la influencia del Grado de Brocado se manifiesta prácticamente desde una infestación del 5%, con una disminución de la densidad a medida que aumenta el Grado de Brocado, y que

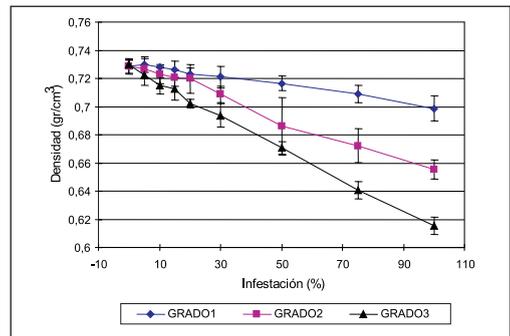


Figura 11. Densidad del grano verde contra Infestación para cada grado de brocado.

TABLA 16. Discriminación de promedios con relación a la infestación para la Densidad del Grano de Café Almendra por cada grado de café perforado por broca. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

DENVER	GRADO 3	GRADO 2	GRADO 1
PROB	0,0000	0,0000	0,0000
INFESTA (%)	PROMEDIO DE DENSIDAD DEL GRANO VERDE (g/cm³)		
0	0,73 a	0,7284 a	0,7289 a
5	0,7224 ab	0,727 a	0,7298 a
10	0,7149 bc	0,7229 ab	0,7279 a
15	0,7126 bc	0,7204 ab	0,7264 a
20	0,7019 cd	0,7199 ab	0,723 ab
30	0,6936 d	0,7086 bc	0,7211 ab
50	0,6705 e	0,6962 c	0,7165 ab
75	0,6404 f	0,6721 d	0,709 bc
100	0,6154 g	0,6555 d	0,6988 c

esta tendencia se acentúa a medida que aumenta el nivel de Infestación. Esta disminución de la Densidad con el aumento del Nivel de Infestación, y el Grado de Brocado es explicable debido al espacio vacío interno que tiene el grano perforado por broca, y que este espacio vacío aumenta a medida que aumenta la Infestación y el Grado de Brocado, produciendo bajos valores de densidad. También las bajas densidades de los productos altamente brocados están en correspondencia con sus bajas Pruebas de Taza, puesto que se sabe que los cafés de alta calidad se caracterizan por su alta densidad. Es ampliamente conocido, por ejemplo, el hecho de que los Cafés Pasilla siempre tienen menor densidad que los Cafés Consumo. La Figura 12 es la gráfica de DENVER contra los tratamientos, debido a la regularidad de los valores de la densidad se prefirió graficar ésta como superficie; las diferentes tonalidades de gris de la superficie corresponden a diferentes niveles de densidad, desde las más altas en el rango de 0,72 a 0,74g/cm³, correspondientes a bajos niveles de infestación y Brocado, hasta los más bajos de 0,6 a 0,62g/cm³, correspondientes a altos niveles de Infestación y Brocado.

Se mencionó anteriormente la considerable linealidad de la información correspondiente a la Densidad del Grano Almendra. La Figura 13 muestra un ajuste lineal para cada Grado de

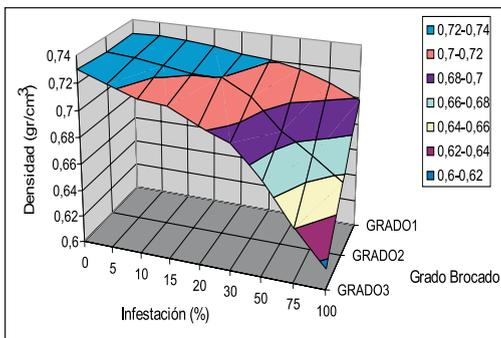


Figura 12. Densidad del café verde contra los tratamientos.

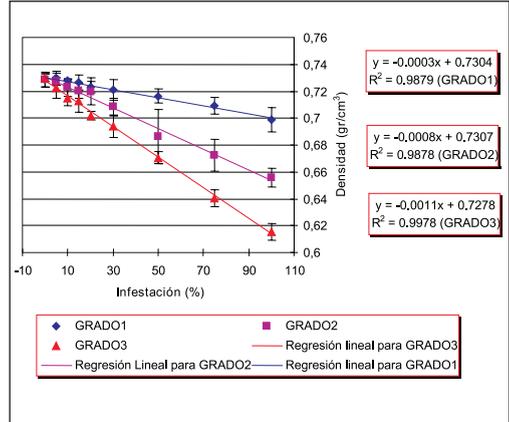


Figura 13. Ajuste lineal de los datos de la Figura 11. Se efectuó un ajuste por cada grado de café brocado.

Brocado; se observa la ecuación obtenida para cada Grado de Brocado y el R² correspondiente. Resaltan los altos coeficientes de determinación de 0,9879 para GRADO1, de 0,9878 para GRADO2, y 0,9978 para GRADO3. En la Tabla 17 se muestran los resultados obtenidos para la Densidad del Grano Tostado Entero (DENGRA), debido a la presencia de interacción (P=0,0005) se efectuó un análisis por cada Grado de Brocado. Para GRADO1 no se obtuvo una influencia significativa de la Infestación pero sí una influencia significativa para GRADO2, y GRADO3 siendo más fuerte la influencia para GRADO3; se puede afirmar en ambos casos que existe diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no existen conjuntos de promedios significativamente diferentes; en particular, para GRADO3, existe diferencia significativa entre los menores niveles de infestación (0 y 5%) y los mayores (50, 75, y 100%), para GRADO2 existe diferencia significativa entre 0%, y 75, y 100%. En la Figura 14 se muestran las gráficas de estos resultados, allí se observa la mayor dependencia de DENGRA, con la Infestación para GRADO3, y cómo para algunos niveles de infestación la densidad del GRADO2 resulta ser mayor que la del GRADO1. También se observa la poca dependencia

TABLA 17. Discriminación de promedios con relación a la infestación para la Densidad del Grano de Café Entero Tostado por cada grado de café perforado por broca. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

DENGRA	GRADO 3	GRADO 2	GRADO 1
PROB	0,0000	0,0124	0,1382
INFESTA (%)	PROMEDIO DE DENSIDAD DEL GRANO ENTERO TOSTADO (gr/cm ³)		
0	0,4499a	0,4508a	0,4458a
5	0,4498a	0,4396ab	0,4309a
10	0,4445ab	0,4291ab	0,4519a
15	0,4165abc	0,4358ab	0,4488a
30	0,4076abcd	0,4426ab	0,4359a
20	0,3955bcd	0,4258ab	0,4461a
50	0,3733cd	0,4375ab	0,4273a
75	0,3699cd	0,4044b	0,4231a
100	0,361d	0,4046b	0,4217a

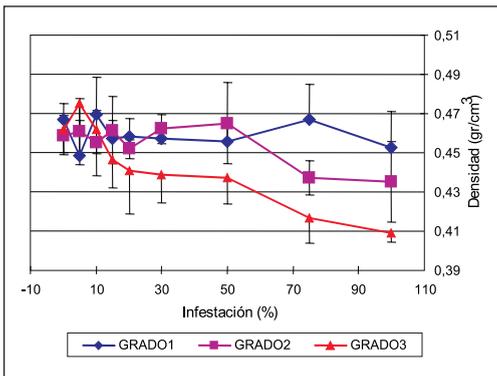


Figura 14. Densidad del Grano Entero Tostado contra Infestación para cada grado de café brocado.

de la Densidad con la Infestación para GRADO 1. El Grado de Brocado tiene influencia importante en la Densidad sólo para valores de Infestación del 75 y 100%, en las que se nota una disminución sistemática de la Densidad a medida que aumenta el Grado de Brocado.

Se puede concluir del análisis de las dos densidades anteriores, que en general, la dependencia de la densidad del café almendra con Niveles de Infestación y Grado de Brocado es mayor que para el Grano Tostado. Los valores

absolutos de la densidad son menores para el tostado que para el verde. Aparte del fenómeno de pérdida de peso que experimenta el tostado, también es posible hablar de un fenómeno de hinchamiento, o sea, de un aumento del volumen del grano Tostado respecto al verde. Esta variable también fue estudiada en el presente trabajo; el análisis inicial arrojó los siguientes valores para las probabilidades (tomadas sobre LOG₁₀(HINCHA)):

GRABRO: 0,0126

INFESTA: 0,0652

GRABRO*INFESTA: 0,5677

El valor de la probabilidad para la Interacción descarta una interacción significativa, por lo cual, se aceptan los valores de probabilidad para INFESTA y GRABRO; estos indican que INFESTA no tiene influencia significativa en el valor del Coeficiente de Hinchamiento, pero sí el Grado de Brocado. Al efectuar un análisis por Grado de Brocado se encuentra que en ningún Grado existe diferencia significativa con relación a INFESTA; sin embargo, se encuentra que el valor de la probabilidad es cada vez menor a medida que aumenta el Grado de Brocado, estando el correspondiente a Grado 3 muy cerca

del punto de corte. La Figura 15 muestra los valores obtenidos para el Hinchamiento contra la Infestación para cada Grado de Brocado. Allí se muestra el efecto del Grado de Brocado, pues sistemáticamente y para las Infestaciones mayores el Hinchamiento del GRADO3, está por encima del Hinchamiento para GRADO1, y este a su vez por encima del GRADO2, lo cual confirma el valor de la Probabilidad de 0,0126 para GRABRO, mostrado por el análisis inicial. En la Tabla 18 se muestra esta dependencia que se puede resumir expresando que existe diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no hay conjuntos de promedios significativamente diferentes. En particular, se observa que el mayor valor de Hinchamiento se obtiene para GRADO3, que es significativamente diferente del valor de GRADO2, pero igual al de GRADO1, que en promedio absoluto se ubica en el medio. El hecho de que el valor mayor se obtenga para GRADO3, y los menores para GRADO1, y GRADO2, sugiere una diferencia cualitativa, no solo cuantitativa entre los Grados de Brocado.

En lo que se refiere a la Densidad del Café Tostado y Molido (DENTYM), parámetro importante para efectos del empaque y comercialización del café Tostado y Molido, puesto que su valor, y la cantidad de café empacada definirán el tamaño del empaque. Para este caso el

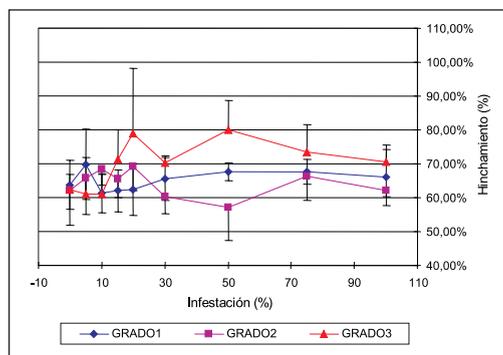


Figura 15. Hinchamiento del grano entero de café contra la infestación para cada grado de café brocado.

TABLA 18. Dependencia del coeficiente de hinchamiento con el grado de brocado del café. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

HINCHA	PROB 0,0097 SOBRE LOG 10 (HINCHA)
GRABRO	PROMEDIO DE HINCHA (%)
Grado 3	48,33a
Grado 1	44,98ab
Grado 2	43,81b

análisis inicial mostró los siguientes valores para la Probabilidad:

INFESTA: 0,0000
GRABRO: 0,0000
INTERACCION: 0,0004

Como se observa existe una interacción significativa, y simultáneamente se muestra una influencia significativa tanto de INFESTA, como de GRABRO. Debido a la presencia de la interacción se efectúa un análisis por Grado de Brocado. La Tabla 19 muestra los resultados de este análisis; se observa una influencia significativa del Nivel de Infestación en la Densidad solo para GRADO3; en este caso se puede afirmar que existe diferencia significativa entre algunos pares de promedios pero no hay conjuntos de promedios significativamente diferentes. En particular, existe diferencia significativa entre los bajos y altos niveles de infestación, mostrándose una caída de densidad para altos niveles de infestación. Quiere decir que productos de alto Grado de Brocado, y alta Intensidad de Infestación muestran densidades muy bajas casi 20% menores, lo cual implicaría volúmenes de empaque mayores. Para granos brocados GRADO1 y GRADO2 no se muestra efecto con la Infestación, lo cual significa que en estos casos los volúmenes de empaque no variarían demasiado. La Figura 16 despliega gráficamente

TABLA 19. Discriminación de promedios con relación a la infestación para la Densidad del Café Tostado y Molido por cada grado de brocado. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

DENTYM PROB	GRADO 3 0,0000	GRADO 2 0,0616	GRADO 1 0,4300
INFESTA (%)	PROMEDIO DE DENSIDAD DEL PRODUCTO TOSTADO Y MOLIDO (gr/cm ³)		
0	0,4618ab	0,4589a	0,4669a
5	0,475a	0,4609a	0,4486a
10	0,462ab	0,4549a	0,4693a
15	0,4463abc	0,4614a	0,4573a
20	0,4409bcd	0,4519a	0,4581a
30	0,4389bcd	0,4621a	0,4571a
50	0,4374bcd	0,465a	0,4558a
75	0,4165cd	0,4373a	0,4668a
100	0,4091d	0,4353a	0,4527a

te los resultados anteriores, allí se observa que el valor de la Densidad del producto tostado y molido se mantiene bastante constante con relación a la Infestación para GRADO1. Para GRADO2 se observa una disminución de la Densidad Promedio de 0,46 a 0,44; sin embargo está disminución no alcanza a ser significativa. Para GRADO3 se nota una dependencia mayor y significativa y se observa igualmente que hasta una infestación del 50% las tendencias no son muy claras, y en algunos casos, la densidad aumenta con el aumento del Grado de Brocado, como para valores de infestación del 15%, 30%

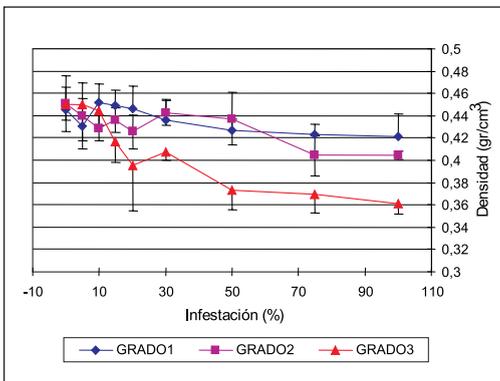


Figura 16. Densidad del café tostado y molido contra la infestación para cada grado de café brocado.

y 50%; sólo en aquellas del 75 y el 100%, se observa una influencia significativa del Grado de Brocado al disminuir la Densidad con su aumento. Es de anotar que la Figura 16 (DENTYM), tiene una notable parecido con la Figura 14 (DENGRA).

Humedad del café tostado y molido (HUMTOST).

Un parámetro de gran importancia en la comercialización del Café Tostado y Molido es la Humedad del producto terminado. Por norma Técnica Colombiana el máximo de Humedad permitido es 5%. Este parámetro es importante debido a que valores más altos de lo tolerable pueden acelerar el deterioro del producto, estimulando el desarrollo de microorganismos como hongos y al deterioro por los lípidos presentes. Para este caso el análisis inicial presentó las siguientes probabilidades:

INFESTA: 0,003
 GRABRO: 0,2832
 INTERACCION: 0,3979

Los anteriores resultados no muestran interacción, por lo cual se pueden analizar directamente los efectos principales. El valor de la

Probabilidad conduce también a aceptar con el 95% de confianza la Hipótesis Nula para GRABRO, y rechazarla para INFESTA. La Tabla 20 muestra los resultados de este análisis; la discriminación de promedios de Tukey muestra diferencia significativa entre algunos pares de promedios, pero no existen conjuntos de promedios significativamente diferentes. En particular, se observa que para INFESTACION 0% (Normal), la humedad obtenida 2,752%, es significativamente diferente de la obtenida a 100% de Infestación, 1,678% .

En la Figura 17 se presenta gráficamente los valores de la Tabla 20; en ésta se traza como barra de error el intervalo de confianza (0,93%) producido por el análisis anterior. Es notoria la disminución de la Humedad a medida que crece la Infestación, o sea, el aumento de la Infestación produce una disminución de la Humedad Final.

Parámetros de preparación de la bebida. La Tabla 21 resume los resultados del análisis estadístico inicial efectuado a las variables Granulométricas (DIAM50, DIAM36 y DISPERSI), Rendimiento, Sólidos Solubles y Grados Brix; se observa, según el valor de las probabilidades, que no existe ningún efecto significativo ni del Grado de Brocado, ni del Nivel de Infestación, ni tampoco existe interac-

TABLA 20. Discriminación de promedios con relación a la infestación para la Humedad del Café Tostado y Molido promediada por grado de café perforado por broca. Valores seguidos por la misma letra no son significativamente diferentes. Tukey al 5%.

HUMTOST	PROBABILIDAD 0,0003 SOBRE HUMTOST
INFESTA (%)	PROMEDIO DE HUMTOST (%)
0	2,752a
50	2,489ab
10	2,467ab
15	2,328abc
5	2,278abc
20	2,233abc
30	2,067abc
75	1,844bc
100	1,678c

ción significativa para ninguna de las variables; se intentó un análisis similar para los retenidos parciales en las diferentes mallas y no se encontró ningún efecto significativo. En la Tabla 22 se muestran estadísticas descriptivas relacionadas con estas variables; se observa un Diámetro Efectivo promedio de 0,64mm, lo cual clasifica la molienda como media, un Rendimiento promedio de 18,9%, dentro del rango apropiado, con una Concentración de Sólidos Solubles de 1,5%, un poco alta con una clasificación entre oscura y fuerte, un Índice de Uniformidad promedio de 3,1 dentro de lo recomendado (>3).

En general, no se nota disminución de la Impresión Global del Producto hasta una Infestación del 50% para Brocado GRADO1, 30% GRADO2, y 15% GRADO3. A pesar de que para Infestaciones mayores del 50% existe una disminución en promedio de la Impresión Global para GRADO1, es de total rechazo solo para Infestación 100% (=3). Para GRADO2 y GRADO3, e Infestaciones mayores del 50% las calificaciones promedio de Impresión Global empiezan a ser de total rechazo (<=3). Las Notas promedio de Intensidad de Aroma para todos

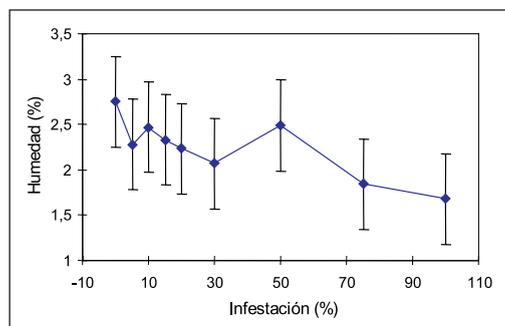


Figura 17. Humedad del café tostado y molido contra la infestación promediada por grado de café brocado.

TABLA 21. Análisis estadístico de las variables que resumen las características de la bebida de café, preparada a partir de diferentes mezclas de café perforado por broca.

VARIABLE	GRABRO	INFESTA	INTERACCION
DIAM50	0,7116	0,9623	0,9998
DIAM36	0,7145	0,9896	1,0000
DISPERSI	0,9960	0,5251	0,9429
DENDIM	0,2510	0,6764	0,1978
SOLISOL	0,7591	0,6966	0,3679
BRIX	0,6397	0,5592	0,8418

TABLA 22. Estadística descriptiva para las variables de preparación de la bebida de café con defecto perforado por broca.

VARIABLE	DIAM50 (mm)	DIAM36 (mm)	DISPERSI	RENDIM (%)	SOLISOL (%)	BRIX
PROMEDIO	0,6399665	0,7210412	3,0904357	18,94946	1,5020957	1,7885802
C.V.	7,1543882	7,3126263	7,8095196	10,1892802	10,4810065	8,8049127
MAXIMO	0,7431980	0,8391695	3,8782285	23,00879	1,8710000	2,1000000
MINIMO	0,5520032	0,6323076	2,6572110	13,65065	1,0610000	1,4333333
RANGO	0,1911948	0,2068619	1,2210175	9,35814	0,8100000	0,6666667
DES. ESTAN	0,0457857	0,0527270	0,2413482	1,93081	0,1574347	0,1574829

los casos sólo son de total rechazo para Infestaciones GRADO3 50, 75 y 100%. El Aroma de la Bebida sigue una tendencia parecida a la Impresión Global, en cambio en el Aroma en Seco (Intensidad de Aroma) se percibe menos el café brocado.

Tanto la Acidez Organoléptica, como la Acidez Titulable y el pH, confirman una disminución promedio de la Acidez al aumentar los Niveles de Intensidad y Grado de Brocado, lo cual concuerda con la progresiva baja de acidez notada al emplear materias primas de baja calidad en la producción de Café Tostado y Molido. Para Brocado GRADO1 no hay dependencia significativa ni de la Acidez Organoléptica, ni de la Acidez titulable, ni del pH con el Nivel de Infestación. Para Cafés Brocados GRADO2 y GRADO3 la acidez comienza a ser de total rechazo, según la escala de calificación del Panel de Catación de Cenicafé, sólo a niveles de infestación del 50% en adelante.

Las calificaciones para Amargo siguen en general las mismas tendencias de la Acidez. La densidad del Grano Almendra disminuye en forma lineal con el Nivel de Infestación para cada Grado de Brocado, la pendiente de la línea es mayor para mayor Grado de Brocado, comprobándose así la adecuada selección de los Grados de Brocado.

En lo que se refiere a la Densidad del Café Tostado y Molido, no existe dependencia significativa con la Infestación para GRADO1 de Brocado, para GRADO2; tampoco existe diferencia significativa aunque en este caso y para altas infestaciones (75 y 100%) se nota una disminución del promedio. Para GRADO3 existe una diferencia significativa, y para altos niveles de Infestación (75 y 100%) ocurre una disminución de la Densidad de casi el 20%.

En cuanto al Coeficiente de Hinchamiento, es mayor para bocado GRADO3, luego para

Brocado GRADO1, y por último, para Brocado GRADO2; esta diferencia de comportamiento sugiere una diferencia no solo cuantitativa, sino también cualitativa entre los Grados de Brocado. La Humedad del Café Tostado y Molido muestra una dependencia significativa con el nivel de Infestación, más no con el Grado de Brocado, con el cual tiende a disminuir.

Los parámetros de preparación de la Bebida: Granulometría, Rendimiento, Sólidos Solubles, °Brix, no presentaron efecto significativo ni con el Nivel de Infestación, ni con el Grado de Brocado. En general estuvieron dentro de valores aceptables exceptuando el contenido de Sólidos Solubles que se presentó un poco alto.

AGRADECIMIENTOS

Al Panel de Catación de Cenicafé encabezado por la Dra. Gloria Inés Puerta Q.

Al Dr. José Darío Arias, del Programa de Experimentación.

A los Doctores Américo Ortíz Perdomo y Mario Franco.

Al Señor Luis Eduardo García, Técnico Electro-Mecánico de la Planta Piloto de Física Técnica.

A la Dra. Esther Cecilia Montoya, de la Disciplina de Biometría.

A las Señoritas Liliana Duque, Patricia Liliana Guevara, Luz Edith Pulgarín, María Lucéldida Patiño, y los Señores Juan Carlos Giraldo, y Julio César Patiño.

A los Señores Héctor Fabio Hernández Ríos, y Darío García Guerrero.

LITERATURA CITADA

1. ALLEN, T. Particle size measurement. Vol. 1. 5. ed. Londres, Chapman & Hall, 1997. 525 p.
2. BAUER, E. A Statistical manual for chemistry, New York, Academic Press, 1971. 193 p.
3. CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFE. CENICAFE. Criterios para el manejo integrado de la broca del café. Brocarta No. 13: 1-2. 1993.
4. CHRISTENSEN, R. Analysis of variance design and regression. London, Chapman and Hall, 1996. 587 p.
5. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Método para la determinación del tamaño de partícula. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1996. 7 p. (Norma NTC 2441).
6. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Determinación del grado de tostión. Método infrarrojo. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1996. 7 p. (Norma NTC 2442).
7. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. ICONTEC. Determinación de la pérdida de masa por secado. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1989. 7 p. (Norma NTC 2558)
8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Método para la determinación de la densidad por compactación. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1997. 4 p. (Norma NTC 4084)
9. LEON V., R. Designación del grado de molienda del café colombiano con fines normativos. Santafé de Bogotá. Corporación Tecnológica de Bogotá, 1997. 114 p. (Tesis: Químico industrial).
10. MONTOYA, E.C. Efecto del daño causado por la broca (*Hypothenemus hampei*) en la calidad del Café. Chinchiná, Cenicafé, 1994. 18 p.
11. PELAEZ, A.; MORENO, E. Vademecum del tostador colombiano. Santafé de Bogotá, FEDERACAFE, 1991. 240 p.
12. PUERTA Q., G.I. Escala para la evaluación de la calidad de la bebida de café variedad *Coffea arabica* procesado por vía húmeda. Cenicafé 47(4): 231-234. 1996.

13. PUERTA, G.I.; QUICENO, A.L.; ZULUAGA, J. La calidad del café verde, composición, proceso y análisis. Chinchiná, Cenicafé, 1988. 251 p.
14. QUANTICK ELECTRONIC INSTRUMENT & Co. Catálogo colorímetro digital QUANTICK IR - 800. Santafé de Bogotá, 1993. pv.
15. ROA M.,G.; OLIVEROS T., C.E.; SANZ U., J.R.; ALVAREZ G.,J.; RAMIREZ G., ALVAREZH., J.R. Desarrollo de la tecnología BECOLSUB para el beneficio ecológico del café. Avances Técnicos Cenicafé No 238:1-8. 1997.
16. SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT Guide for personal Computers, version 6 6. ed. Cary, SAS Institute Inc., 1987. 1028 p.
17. SAS INSTITUTE INC. SAS/LAB Software: User' s Guide, Version 6. Cary, SAS Institute Inc.,1992. 291 p.