

# EXTRACCIÓN DE ACEITE A PARTIR DE SUBPRODUCTOS DE LA TRILLA DE CAFÉ PERGAMINO

Elkin Mauricio López-Fontal\*; José Jaime Castaño-Castrillón\*\*

---

## RESUMEN

**LÓPEZ F., E.M.; CASTAÑO C., J.J. Extracción de aceite a partir de subproductos de la trilla de café pergamino. *Cenicafé* 50(1):66-77. 1999.**

Entre los subproductos de la trilla del café pergamino seco se encuentra el denominado café pasilla y el café perforado por insectos es uno de los componentes que lo constituyen. En *Cenicafé* se utilizó este tipo de café para demostrar que a partir de este tipo de subproductos es posible obtener aceite, con el fin inmediato de brindar alternativas para su utilización y comercialización. Para la extracción del aceite de café se utilizaron dos métodos: extracción por extrusión y extracción con solventes. Al aceite obtenido se le midieron factores de variación físicos y químicos. Mientras que en la extracción por extrusión se obtiene un aceite fijo de café, con una alta carga volátil, en la extracción con solventes se obtiene solo aceite fijo. Es relevante en futuras investigaciones realizar evaluaciones de las características sensoriales del aceite de café, obtenido por extrusión. De acuerdo a los resultados obtenidos el método de extracción por expresión (extrusión) resulta muy favorable, desde el punto de vista del rendimiento.

**Palabras Claves:** aceite de café, extrusión, extracción con solventes, industrialización, café brocado.

---

## ABSTRACT

The pasilla coffee is one of the thrash parchment coffee's byproduct. One of the components is the coffee bored by insects. Two extraction methods were used in *Cenicafé* to extract essential oils from this byproduct: extraction by extrusion, and extraction with solvents. Variation of physical and chemical factors was measured in the oil obtained. In extraction by extrusion, fixed coffee with high volatile contents was obtained, while in extraction with solvents only fixed oil was obtained. It is important to further evaluate sensory characteristics of coffee oil obtained by extrusion. Results obtained indicate extraction by extrusion produces high yields.

**Keywords:** coffee oil, extrusion, extraction with solvents, industrialization, bored coffee.

---

\* Ingeniero Químico. Universidad Nacional de Colombia.

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

El producto primario de la trilla del café pergamino colombiano es el café excelso de exportación el cual presenta la característica fundamental de su gran calidad. Como subproductos de la trilla se obtienen otras calidades de café entre los cuales se encuentran las pasillas. En el momento, uno de los principales defectos que constituyen la calidad de café pasilla, es el café atacado perforado por insectos como la broca del café (*Hypothenemus hampei*).

El aceite contenido en el grano de café verde o tostado tiene una composición química similar a la de muchos aceites vegetales comestibles como el de la semilla de algodón, soya, maíz, coco, oliva y linaza, entre otros (1). Este aceite es líquido a temperatura ambiente y tiene una porción relativamente grande de compuestos no saponificables la cual varía del 7 al 12% (2,5,13).

En esta investigación, se exploró la posibilidad de extraer aceite a partir del café pasilla de broca, con el fin de brindar una alternativa de empleo de este subproducto como una manera de disminuir los efectos en el medio ambiente y en los costos de comercialización del café en Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Materia Prima.** En la experimentación se utilizó café verde, también llamado café almendra, tipo consumo, de la variedad Colombia,

procedente de la subestación de experimentación de Cenicafé de Supía. El café utilizado se recibió luego de estar aproximadamente 4 meses almacenado como café pergamino con un porcentaje aproximado de granos perforados por la broca del café (*H. hampei*) del 10 al 15%.

**Descripción de Tratamientos. Porcentaje de café brocado.** Se utilizaron 4 niveles o porcentajes de mezcla de café atacado por la broca y café excelso, como aparecen en la Tabla 1.

**Grados de daño del café brocado.** El café brocado utilizado se subdividió en tres grados de daño (Figura 1). Se observan 5 estados de la almendra, los cuales corresponden a: T= Almendra en perfectas condiciones, 1= Grado uno de daño, 2 = Grado dos de daño y, 3 = Grado tres de daño.

El porcentaje de café brocado en combinación factorial con el grado de daño da como resultado los tratamientos, además un tratamiento testigo, el cual corresponde a café 100% en buen estado. En total se manejaron 13 tratamientos.

**TABLA 1.** Porcentajes de café brocado, según los niveles escogidos para someter a extracción de aceite.

Niveles	Porcentaje (%)
1	25
2	50
3	75
4	100



**Figura 1.** Estados de la almendra de café utilizados para caracterizar el café extraído por extrusión, los cuales corresponden a: T= Almendra en perfectas condiciones; 1= grado 1 de daño; 2 = grado 2 de daño; 3 = grado tres de daño.

**Selección del café utilizado.** El café pergamino se trilló y posteriormente fue clasificado. La clasificación se realizó en dos etapas: en la primera se separaron el café en buen estado (almendra sana), el café brocado (sin importar el grado de daño) y el café que presentaba defectos, diferente del café brocado. En la segunda etapa de selección del café brocado obtenido se separaron los tres grados de daño seleccionados.

**Torrefacción del café verde.** La tostación de café verde clasificado se realizó en lotes de 4kg, manteniendo siempre independencia en cuanto a la clase de café (sano o brocado grado 1, o brocado grado 2, etc.). Las tostaciones se realizaron con una merma entre 16 y 17%, en un tostador con capacidad máxima de 5kg, modelo TDR KAFFEMAT (8, 9).

**Extracción del aceite de café.** La extracción del aceite de café en este estudio se realizó utilizando dos métodos: el de extracción por extrusión y el de extracción con solventes (15,17).

Extracción por Extrusión. En la extracción del aceite de café por extrusión se utilizó un equipo denominado extrusor (6,14), que se describe como una prensa de husillo (tornillo sin fin), marca komet, modelo DD 85 de fabricación alemana, el cual consta básicamente de un sistema de prensado o compresión del grano de café tostado, con la cual se logra la separación del aceite del resto de los componentes del café (17). López (10), determinó las condiciones de operación para la extracción por extrusión así:

Diámetro interno de la boquilla = 1,2cm.

Temperatura del fluido de enfriamiento = 50°C

Distancia de la placa de compresión = 7mm

Grado de tostación = 17%

Tamaño de la partícula = café molturado

Extracción con Solventes. En la extracción de aceite de café con solventes se utilizó un sistema de extracción soxhlet, marca Sovilab, de fabricación Colombiana, en el cual se permite el contacto íntimo entre el café tostado y el solvente durante un tiempo específico (17). El solvente utilizado fue N-hexano para análisis, producido por JT Beaker, con una pureza del 95%. Generalmente el 5% restante está constituido por algunos compuestos orgánicos que no afectan el proceso de extracción y por ende, el producto final.

**Unidad Experimental.** En los dos métodos de extracción se utilizó café tostado con un grado de tostación entre 16 y 17%. Además, para cada tratamiento en la extracción por extrusión se realizaron 4 repeticiones, utilizando como unidad experimental 800g de café tostado, entero. En la extracción con solventes para cada tratamiento se realizaron 3 repeticiones. Se utilizó como unidad experimental la cantidad de 300g de café tostado y molido.

**Factores de variación medidos.** En los dos métodos de extracción se realizaron análisis físico y químico del aceite de café. En el análisis físico se midieron los siguientes factores:

- Rendimiento del proceso, que se define como la relación, en peso, entre el aceite obtenido y la cantidad de café tostado utilizado en la extracción; fracción esta multiplicada por 100.
- Densidad, definida como la relación entre la masa de una sustancia y el volumen que ésta ocupa. Generalmente se expresa en g/ml. En la medida de la densidad del aceite de café se utilizó un picnómetro de 5ml, debidamente calibrado.
- Índice de refracción, medida del cambio de velocidad y dirección de una onda de luz particular al moverse a través de una sustan-

cia específica. En la medición de esta variable se utilizó un refractómetro manual, marca Zeiss. El índice de refracción se midió a la temperatura ambiente (20 a 25°C).

En el Análisis Químico se midieron:

- Índice de saponificación, definido como el número de miligramos de KOH necesarios para saponificar por completo 1g de aceite o de grasa. Constituye una medida del peso molecular medio de los triglicéridos constitutivos.
- Índice de Iodo, que es la cantidad de yodo absorbida por gramo de grasa o aceite. Constituye una medida del grado de insaturación (numero de dobles enlaces). Se utilizó el método de Hanus (1,16).

Utilizando técnicas estandarizadas de análisis de varianza se analizaron los resultados de las variables de respuesta, y para tal efecto, se utilizó el lenguaje estadístico SAS. En este desarrollo se utilizó la prueba discriminatoria de Tukey. El análisis de varianza se realizó con un nivel de confianza del 95% para todas las variables de respuesta.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Rendimiento del proceso.** En las Tablas 2 y 3, se presentan los resultados del análisis estadístico realizado a la variable de respuesta rendimiento, en los dos métodos de extracción. En las Figuras 2 y 3 se muestra el comportamiento general de la variable.

Se tiene que para grados de daño altos (2 y 3) y porcentajes de infestación altos (75 y 100%, tratamientos 8, 9, 12 y 13) se presentan valores de rendimiento menores que, además, son significativamente diferentes con respecto a los demás tratamientos en lo que al exprimido se refiere. En cuanto a la extracción con solventes los más altos rendimientos se obtienen con grado de daño 3, e infestaciones de 50%, 75%, y 100%, tratamientos 11, 12 y 13.

En la medición del rendimiento de aceite de café obtenido por extracción con solventes, se obtienen valores que se encuentran en el mismo rango de variación, para todos los tratamientos manejados. Es decir, que la variable de respuesta rendimiento no depende del grado de daño, ni del nivel de infestación del café brocado en este método de extracción.

**TABLA 2.** Análisis estadístico de la variable rendimiento medida en la extracción de aceite de café por extrusión a partir de los subproductos de la trilla de café pergamino.

Tratamiento	Rendimiento (P= 0,0001)			Tratamiento	Rendimiento (P= 0,0001)		
	F	$\bar{x}$	CV		F	$\bar{x}$	CV
4	4	8,73 a*	1,78	7	4	8,23 a*	4,28
6	4	8,59 a	2,54	10	4	8,06 ab	6,28
5	4	8,47 a	4,06	12	4	8,03 ab	3,90
3	4	8,47 a	8,29	8	4	7,49 b	2,21
2	4	8,38 a	8,55	13	4	7,40 bc	4,31
1	4	8,31 a	9,46	9	4	6,80 c	2,94
11	4	8,28 a	2,81				

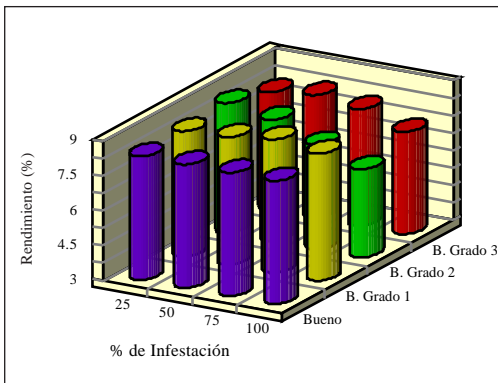
\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística. Duncan al 5%.

CV= Coeficiente de variación

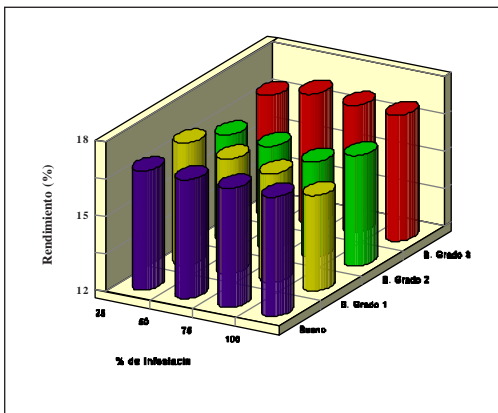
**TABLA 3.** Análisis estadístico de la variable rendimiento medida en la extracción de aceite de café con solventes a partir de los subproductos de la trilla de café pergamino.

Tratamiento	Rendimiento (P= 0,0011)			Tratamiento	Rendimiento (P= 0,0011)		
	F	$\bar{x}$	CV		F	$\bar{x}$	CV
11	3	17,21 a	0,41	9	3	16,44 bc	5,92
12	3	17,10 ab	1,33	4	3	16,36 bc	0,42
13	3	17,06 ab	1,1	6	3	16,22 c	1,95
2	3	16,9 ab	0,37	7	3	16,11 c	4,6
10	3	16,8 ab	1,8	5	3	15,84 c	1,75
1	3	16,8 ab	1,47	8	3	15,83 c	1,68
3	3	16,61 ab	0,92				

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística. Duncan al 5%.



**Figura 2.** Variable de respuesta rendimiento, del aceite de café obtenido por extrusión.



**Figura 3.** Variable de respuesta rendimiento, del aceite de café obtenido en la extracción con solventes.

En cuanto a la cantidad de aceite obtenido (rendimiento), es mucho más favorable la extracción con solventes (Hexano) con rendimientos entre 16 y 18%, mientras que en la extracción por extrusión (expresión) se obtienen rendimientos entre 7 y 9%. Esto, debido a que el proceso de extrusión es un proceso de separación físico, mientras que la extracción con solventes es un proceso de separación químico, lo cual los hace totalmente diferentes, no sólo en el proceso en sí, sino también en las características del producto que se obtiene. Mientras que en el último la extracción depende de la afinidad del solvente con la sustancia deseada (aceite), en el primero la extracción depende de la presión en el prensado de la materia prima que se esté tratando. Por ensayos posteriores se pudo comprobar que al someter a la torta obtenida en el proceso de extrusión a una extracción con solventes, se obtenía alrededor de 8 a 9% de aceite, utilizando igualmente n-hexano como solvente, lo que permite afirmar que el café posee alrededor de 16 a 18% de aceite.

El rendimiento del aceite de café en el proceso de extrusión depende del grado de daño y del nivel de mezcla (porcentaje) a favor del grado 1 en todos los niveles y los grados 2 y 3 en los niveles 25 y 50.

**Densidad.** En las Tablas 4 y 5 se presentan los resultados del análisis estadístico realizado a la variable de respuesta densidad en los dos métodos de extracción. En las Figuras 4 y 5, se muestra el comportamiento general de la variable de respuesta densidad en los dos métodos de extracción.

La densidad en todos los tratamientos del aceite de café obtenido por extrusión se encuentra en un rango de variación muy pequeño (a excepción del Tratamiento 1), y puede considerarse que está en el mismo rango para todos los Tratamientos (excluyendo el Tratamiento 1).

En cuanto a la densidad del aceite de café obtenido por extracción con solventes, esta variable de respuesta presenta diferencias entre los tratamientos manejados, pero puede considerarse que los valores se encuentran en un rango adecuado. Además, puede considerarse que los valores obtenidos están en un mismo rango de variación. La variable de respuesta densidad presenta muy poca variabilidad para los dos métodos de extracción, a tal punto de que se obtuvo que el aceite de café obtenido por extrusión tiene una densidad promedio de 0,9359g/ml y el aceite de café obtenido por extracción con solventes, una densidad promedio de 0,919g/ml. En lo que se refiere a las

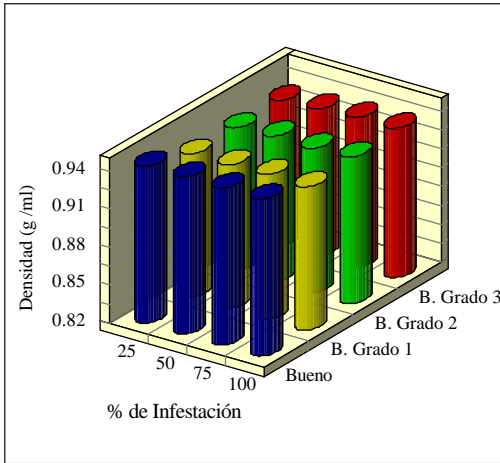
**TABLA 4.** Análisis estadístico de la variable densidad, medida en el aceite de café obtenido por extrusión.

Tratamiento	Densidad (P= 0,0001)			Tratamiento	Densidad (P= 0,0001)		
	F	$\bar{x}$	CV		F	$\bar{x}$	CV
1	4	0,948 a*	1,81	2	4	0,93 c	0
12	4	0,940 ab	0	6	4	0,93 c	0
11	4	0,94 ab	0	10	4	0,93 c	0
13	4	0,94 ab	0	3	4	0,93 c	0
9	4	0,94 ab	0	8	4	0,93 c	0
7	4	0,935 bc	0,62	5	4	0,93 c	0
4	4	0,933 bc	0,54				

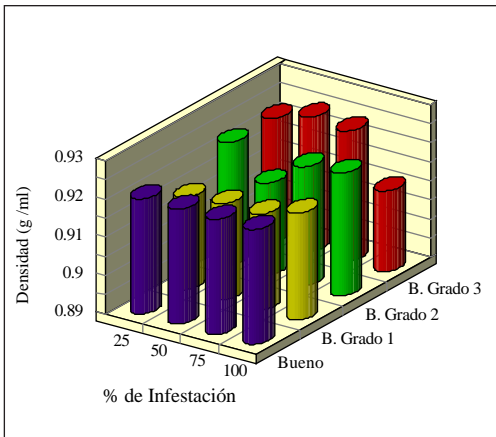
**TABLA 5.** Análisis estadístico de la variable densidad, medida en el aceite de café obtenido con solventes.

Tratamiento	Densidad (P= 0,1538)			Tratamiento	Densidad		
	F	$\bar{x}$	CV		F	$\bar{x}$	CV
11	3	0,927 a*	0,63	8	3	0,92 ab	0
10	3	0,923 ab	0,63	7	3	0,917 ab	0,63
9	3	0,923 ab	0,63	2	3	0,917 ab	0,63
12	3	0,923 ab	0,63	4	3	0,917 ab	0,63
5	3	0,92 ab	0	3	3	0,913 b	1,26
6	3	0,92 ab	0	13	3	0,913 b	0,63
1	3	0,92 ab	0				

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística. Duncan al 5%.



**Figura 4.** Variable de respuesta densidad, del aceite de café obtenido por extrusión.



**Figura 5.** Variable de respuesta densidad, del aceite de café obtenido por extracción con solventes.

diferencias detectadas, no sólo de densidades sino también de otras características (índice de saponificación, índice de Iodo) entre los aceites extraídos por ambas metodologías se puede afirmar lo siguiente:

El proceso de extracción por extrusión (que era el más importante debido a las características organolépticas del aceite que se obtenía), se realizó siempre a condiciones de proceso con-

troladas, lo cual permitió la obtención de un aceite de café de alta calidad sensorial. Por trabajos anteriores se sabe que el aceite de café obtenido por extrusión posee muy buenas características organolépticas, lo cual hace pensar en la posibilidad de aromatizar café soluble en la industria; este sería el fin más relevante.

Caso contrario sucede con el aceite que se obtiene en la extracción con solventes. Mientras que la temperatura de proceso en la extrusión es de alrededor de 55 a 70°C, en la extracción con solventes es de alrededor de 120 a 150°C, lo cual marca diferencias enormes. Sin mencionar que el aceite en todo momento está sometido a esta temperatura, por tener que alojarse en el balón que recibe el calentamiento en el soxhlet. Por tanto, es muy posible que el aceite se degradara luego de ser sometido a este proceso que tiene una duración aproximada de 10 a 14 horas.

Posteriormente, fue necesario separar la mezcla aceite-solvente obtenida en el proceso anterior. Ésta se hizo en condiciones controladas, en las cuales la temperatura de proceso estuvo alrededor de 60 a 80°C, con un tiempo de proceso de aproximadamente 1 hora. Este fue un proceso de destilación al vacío.

Por muy bien que se realizara este proceso de separación, siempre en el producto final (el aceite separado) quedaron trazas de solvente que eran plenamente detectables en un análisis sensorial (según ensayos preliminares) y esto implicaba que el producto era completamente rechazado, sensorialmente. Por tanto, se está hablando de un aceite de café (obtenido por extracción con n-hexano), totalmente alterado que, lógicamente, debe mostrar un comportamiento totalmente diferente al aceite obtenido por extrusión. Y fue por tal motivo que desde antes de iniciar la etapa experimental se determinó que el análisis estadístico se realizaría en forma separada para cada método de extracción.

Además, se puede descartar del todo, la posibilidad de que la broca afecte el comportamiento del aceite obtenido por extracción con n-hexano por este método, pues si así fuera debería también presentarse variación en el aceite obtenido por extrusión. También se puede descartar la posibilidad de que sea por el tipo de solvente utilizado, pues se realizaron ensayos con otros (acetato de etilo), obteniéndose características de producto similares. No obstante, sería interesante realizar ensayos con otros solventes, que tengan características químicas diferentes, para así poder concluir efectivamente acerca del comportamiento del aceite en función del tipo de solvente utilizado.

**Índice de Refracción.** En las Tablas 6 y 7 se presentan los resultados del análisis estadístico realizado a la variable de respuesta Índice de refracción en los dos métodos de extracción y en las Figuras 6 y 7, se muestra el comportamiento general de la variable de respuesta Índice de refracción, en los dos métodos de extracción.

La variabilidad para todos los tratamientos en los dos métodos de extracción de la variable de respuesta, Índice de refracción, es muy pequeña. Puede considerarse que esta variable de respuesta se encuentra en el mismo rango de variación, para todos los tratamientos manejados en los dos métodos de extracción.

**TABLA 6.** Análisis estadístico de la variable índice de refracción, del aceite de café obtenido por extrusión a partir de subproductos de la trilla de café pergamino.

Tratamiento	I. de refracción (P= 0,0006)			Tratamiento	I. de refracción (P= 0,0006)		
	F	$\bar{x}$	CV		F	$\bar{x}$	CV
9	4	1,4783 a*	0,038	10	4	1,4773 abc	0,034
12	4	1,4780 ab	0,0	5	4	1,4773 abc	0,034
3	4	1,4778 abc	0,034	8	4	1,4773 abc	0,034
4	4	1,4778 abc	0,034	7	4	1,4770 bc	0,0
13	4	1,4778 abc	0,034	1	4	1,4770 bc	0,0
11	4	1,4778 abc	0,034	6	4	1,4768 c	0,034
2	4	1,4778 abc	0,04				

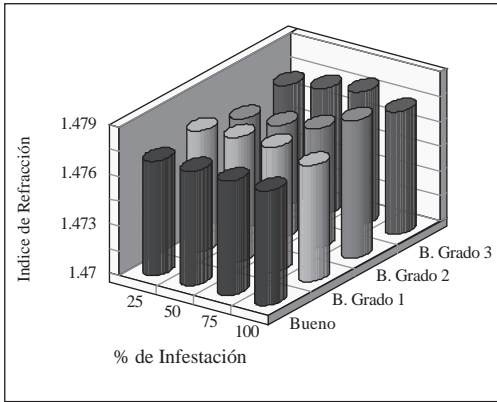
\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan significancia estadística. Duncan al 5%.

**TABLA 7.** Análisis estadístico de la variable índice de refracción, del aceite de café obtenido por extrusión con solventes a partir de subproductos de la trilla de café pergamino..

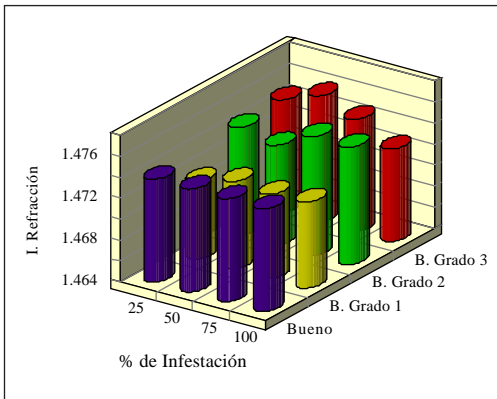
Tratamiento	Índice de refracción (P= 0,007)			Tratamiento	Índice de refracción (P= 0,007)		
	F	$\bar{x}$	CV		F	$\bar{x}$	CV
11	3	1,4760 a*	0	7	3	1,4737 ab	0,141
8	3	1,4757 ab	0,077	13	3	1,4730 ab	0,068
9	3	1,4753 ab	0,038	3	3	1,4726 ab	0,157
12	3	1,4750 ab	0,068	4	3	1,4723 ab	0,171
10	3	1,4750 ab	0,068	5	3	1,4723 ab	0,039
6	3	1,4747 ab	0,077	2	3	1,4717 b	0,104
1	3	1,4740 ab	0,068				

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan significancia estadística. Duncan al 5%.





**Figura 6.** Variable de respuesta índice de refracción, del aceite obtenido por extrusión.



**Figura 7.** Variable de respuesta índice de refracción, del aceite de café obtenido por extracción con solventes.

Se concluye además que el índice de refracción promedio del aceite de café obtenido por extrusión es de 1,4773, y el índice de refracción del aceite de café obtenido por extracción con solventes es de 1,4736

**Índice de Saponificación.** En las Tablas 8 y 9 se presentan los resultados del análisis estadístico realizado a la variable de respuesta Índice de saponificación en los dos métodos de extracción y en Figuras 8 y 9 el comportamiento general de la variable de respuesta Índice de saponificación.

No se presentan diferencias significativas entre los tratamientos para la variable de respuesta índice de saponificación en los dos métodos de extracción. Esto implica que éste índice no depende del tipo de materia prima del que se obtenga el aceite. Es decir que de su medición en los productos obtenidos por extrusión y extracción con solventes, se obtienen valores que se encuentran en el mismo rango.

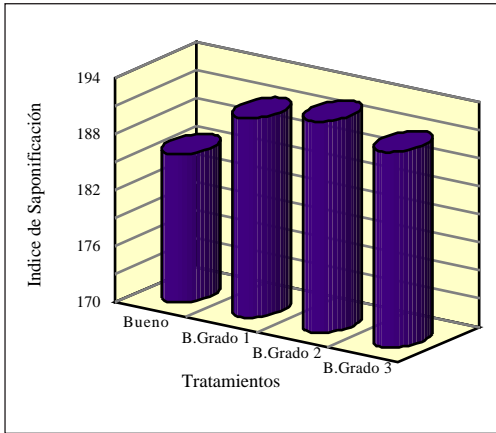
Esta variable de respuesta tiene muy poca variabilidad en los dos métodos de extracción. Se encontró que: el índice de saponificación promedio del aceite de café, obtenido por extrusión, es de 190,08mg de KOH/g de aceite y el del aceite obtenido por extracción con solventes es de 241,17mg de KOH/g de aceite.

**TABLA 8.** Análisis estadístico de la variable Índice de saponificación, en la extracción de aceite de café por extrusión.

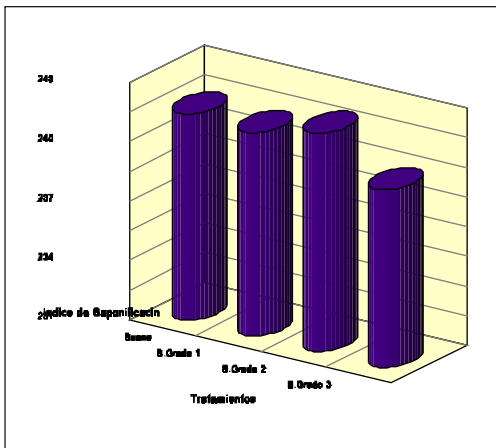
Tratamiento	Índice de saponificación (P= 0,9104)		
	F	$\bar{x}$	CV
1	3	185,77	7,53
5	3	191,24	4,96
9	3	192,49	6,31
13	3	190,84	6,8

**TABLA 9.** Análisis estadístico de la variable Índice de saponificación, en la extracción de aceite de café con solventes.

Tratamiento	Índice de saponificación (P= 0,753)		
	F	$\bar{x}$	CV
1	3	241,41	1,2
5	3	241,26	0,37
9	3	242,04	1,4
13	3	239,98	0,48



**Figura 8.** Variable de respuesta índice de saponificación, del aceite de café obtenido por extrusión.



**Figura 9.** Variable de respuesta índice de saponificación, del aceite de café obtenido por extracción con solventes.

**Índice de iodo.** En las Tablas 10 y 11 se presentan los resultados del análisis estadístico realizado a la variable de respuesta índice de iodo en los dos métodos de extracción y en las Figuras 10 y 11, el comportamiento general de la variable de respuesta índice de iodo, en los dos métodos de extracción.

Se observan diferencias entre los tratamientos, para esta variable de respuesta, pero según los resultados en las Tablas, se puede conside-

rar que los valores de índice de iodo obtenidos, se encuentran en un rango aceptable según reportes bibliográficos para aceites vegetales, puesto que no se encontraron registros de este índice para el aceite de café; por tal motivo se hizo uso de este criterio de comparación.

Se encontraron valores de 127,56mg de  $I_2/g$  de aceite, para el caso de la extrusión y de 134,67mg de  $I_2/g$  de aceite, para el caso de la extracción con solventes.

En la extracción por extrusión se obtiene un aceite fijo de café con una elevada carga volátil (aceite esencial) (3,4,11,18), mientras que en la extracción con solventes (Hexano) se obtiene únicamente aceite fijo de café.

**TABLA 10.** Análisis estadístico de la variable índice de Iodo del aceite de café por extrusión a partir de subproductos de la trilla de café pergamino.

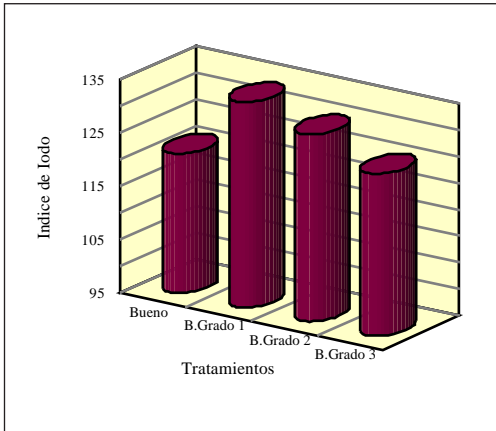
Tratamiento	Índice de iodo (P= 0,021)		
	F	$\bar{x}$	CV
1	3	121,14 a	2,23
13	3	125,44 ab	4,9
9	3	130,12 bc	2,4
5	3	133,52 c	1,83

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística. Duncan al 5%.

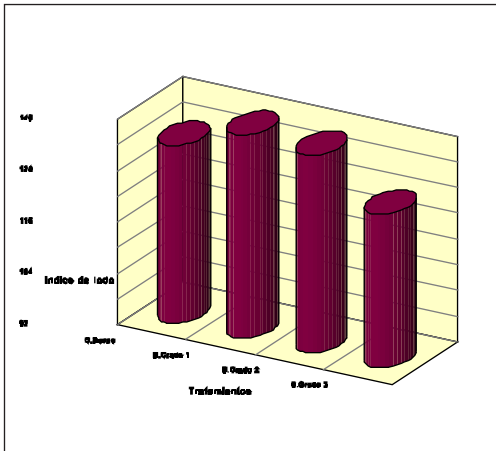
**TABLA 11.** Análisis estadístico de la variable índice de iodo del aceite de café extraído con solventes a partir de subproductos de la trilla de café pergamino.

Tratamiento	Índice de iodo (P= 0,1297)		
	F	$\bar{x}$	CV
1	3	133,47 a	3,99
5	3	139,36 a	2,79
9	3	138,09 a	2,74
13	3	127,75 a	6,68

\* Promedios seguidos por letras diferentes presentan diferencia estadística. Duncan al 5%.



**Figura 10.** Variable de respuesta Índice de iodo, del aceite de café obtenido por extrusión.



**Figura 11.** Variable de respuesta Índice de iodo, del aceite de café obtenido por extracción con solventes.

## LITERATURA CITADA

1. BAILEY E., A. Aceites y grasas industriales. Barcelona, Editorial Reverté, 1961. 230 p.
2. CALLE V., H. Aceites de Café. *Cenicafé*11(9): 251-258.1960
3. CASTAÑO C., J.; POSADA F., E. Contribución al estudio de los métodos de aromatización. Informe Interno. Santafé de Bogotá, LIQC, 1982.
4. FEDERACIÓN NAL. DE CAFETEROS DE COLOMBIA. Extracción de aromas de café para su análisis y para su utilización como aromatizantes. II. Extracción de aromas y aceites de café. Informe Interno. Santafé de Bogotá LIQC, 1975. 5p.
5. FONSECA, H., GUTIERREZ, L. E. Estudo do teor e composicao do óleo de algumas variedades de café *Coffea Arabica*. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz"* 28: 313-317. 1973.
6. GUTIÉRREZ M.,E. Extracción de aceite aromatizado a partir de café tostado. Santafé de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1987. 221p (Tesis : Ingeniero Químico).
7. HAMELL, M.; SIMS, R.J.; FEDELMAN, J. R. Stabilization of purified coffee oil. United States, 1979. (U.S.A. Patent 4.156.031).
8. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Análisis de tamaño de partículas. (grado de molienda). Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1988. 6p. (Norma ICONTEC No 2441).
9. INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. ICONTEC. Café tostado y molido. Determinación del grado de tostiön. Método Infrarrojo. Santafé de Bogotá, ICONTEC, 1987. 4p. (Norma ICONTEC No 2442).
10. LÓPEZ F., E.M. Extracción de aceite esencial de café, a partir de café brocado. Manizales, Universidad Nacional de Colombia, 1997. 245 p. (Tesis: Ingeniero Químico).
11. MISHKIN, A.; MARSH, W.; WERTHEIM, J. Aromatization of powdered coffee products. United States, 1961 (U.S.A. Patent 3.148.070).
12. MONTES M., E.R. Recuperación de volátiles de la tostación y extracción para el enriquecimiento del aceite extraído del café. Santafé de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1987. 186 p. (Tesis: Ingeniero Químico).
13. NJOROGE, S.M. Notes on the chemical basic of coffee quality. *Kenya Coffee* 57(610):152-154. 1987.
14. PARK, J.; RHEE, K.S.; KIM, B.K.; RHEE, K.C. Single-screw extrusion of defatted soy flour, corn starch and raw beef blends. *Journal of Food Science* 58(1): 9-19. 1993.

15. PERRY, T. Manual del ingeniero químico. 6 ed. México. Mc Graw Hill. 1992. 220-20 p.
16. RIVEROS T., J. Contribución al estudio de los ácidos grasos en el aceite de café. Santafé de Bogotá, Universidad Nacional de Colombia, 1981. 88p . (Tesis: Químico).
17. SIVETZ, M.; FOOT, H.E.. Coffe processing technology. London, The Avi Publishing Company, 1963. 379 p.
18. VARGAS Z., A.M; SANCHEZ H., A.F. Microencapsulación de aceite de café. Santafé de Bogotá, Fundación Universitaria de América, 1993. 250p. (Tesis: Ingeniero Químico).