

## CONTENIDO

	Pag.
1. INTRODUCCION	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2.1. Enunciado	6
2.2. Planteamiento del problema	6
JUSTIFICACION	7
OBJETIVOS	9
4.1. Objetivo general	9
4.2. Objetivos específicos	9
5. MARCO TEORICO	10
5.1. El café	10
5.1.1 Origen del café en el mundo	10
5.1.2 Origen del café en Colombia	11
5.1.3 Clasificación botánica del café	12
5.1.4 Raíces del cafeto	12
5.1.5 Tronco, ramas y hojas del cafeto	13
5.1.6 Flores y frutos del cafeto	14
5.1.7 Composición nutricional del café seco	16
5.1.8 Hipothemus hampei (broca)	17
5.1.9 Aceites y grasas	19

5.1.10 Clasificación de los aceites	20
5.2. Cromatografía de gases	23
5.1.1. Instrumentación	23
5.1.2. Gas portador	24
5.1.3. Sistema de inyección de la muestra	25
5.1.4. Detectores	26
5.1.5. Aplicaciones	27
5.2. JABONES	28
5.3. ALIMENTO PARA ANIMALES	29
5.4. CAFEINA	32
6. METODOLOGIA	34
6.1. Materia prima	34
6.2. Materiales, reactivos y equipos	37
6.2.1. Materiales	37
6.2.2. Reactivos	37
6.2.3. Equipos	38
6.3. Análisis a nivel de laboratorio	39
7. RESULTADOS Y ANALISIS	53
7.1. Extracción del aceite de café	53
7.2. Determinación índice de saponificación	54
7.3. Determinación índice de acidez	54
7.4. Determinación índice de yodo	55
7.5. Determinación de los grados brix	55

7.6.	Densidad	55
7.7.	Determinación de pH	56
7.8.	Análisis de los ácidos grasos por C.G.	56
7.9.	Extracción de la cafeína del café brocado	62
7.10.	Análisis de la cafeína por C.G.	65
7.11.	Análisis de proteínas	67
7.12.	Determinación del porcentaje de humedad	67
7.13.	Determinación del porcentaje de cenizas	68
7.14.	Elaboración de alimento para ganado	68
7.15.	Elaboración de jabón a partir del aceite extraído	69
8.	CONCLUSIONES	70
9.	BIBLIOGRAFIA	72

## 1. INTRODUCCION

En Colombia, uno de los principales productos agrícolas que ayuda a sostener la economía de nuestro país, es el café, este se ha convertido en el producto agrícola número uno en las exportaciones de Colombia y además ayuda al sostenimiento de más de 566.000 caficultores y es por esto que dependen ahora directamente de la producción de café unas 480.000 familias.

Al café como a la mayoría de los productos agrícolas, es atacado por una plaga a la que aun no se ha podido controlar al 100%, esta plaga es conocida como la broca y su nombre científico es *hypothenemus hampei (ferrari)*.

*El H. hampei* afecta los frutos del cafeto en sus diferentes fases de desarrollo, provocando su caída y el deterioro en los granos que permanecen en la planta, derivando en una merma del peso y calidad del producto final, situación que se traduce en pérdidas millonarias para el sector cafetero. Estos insectos, que debilitan los nutrientes en los arbustos de café y afecta su calidad, alcanzaron niveles de plaga en este país andino, el segundo productor de café de Sudamérica. Según la federación colombiana de cafeteros Se estima que de 1.100.000 hectáreas plantadas en café desaparecerán entre 250.000 y 300.000 en las zonas por debajo de los 1.300 m.s.n.m. como ya viene sucediendo en algunos municipios colombianos, y que las 800.000 restantes convivirán con la broca (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 1989; Oliveira, 1982). El ritmo de dispersión de esta broca según la propia Federación Nacional de Cafeteros ha

sido del 10% en 1992, 30% del área en 1993; 70% en 1994 y llegó al 100% en 1995.

Es por estos motivos que se pretende encontrarle usos importantes a este café y por medio de procesos químicos obtener productos de valor comercial.

También mediante esta investigación se pretende darle una posibilidad a los caficultores de tener nuevas alternativas en la industria cafetera, esto se lograría aprovechando los componentes químicos de café brocado desechado por los caficultores, para realizar con este, productos como diferentes tipos de jabón, alimento para animales, y aceites de alta calidad para diferentes usos.

## **2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **2.1 ENUNCIADO**

APROVECHAMIENTO DEL CAFÉ BROCADO A TRAVES DE LA CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DEL PRODUCTO COMO ALTERNATIVA ECONOMICA PARA LOS CAFICULTORES .

### **2.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿COMO PUEDE APROVECHARSE EL CAFÉ BROCADO, A TRAVES DE LA CARACTERIZACION FISICOQUIMICA DEL MISMO , Y CONVERTIRSE ASI, EN ALTERNATIVA ECONOMICA PARA LOS CAFICULTORES?

### 3. JUSTIFICACION

Colombia y especialmente el eje cafetero se han caracterizado por ser de los principales productores de café a nivel mundial, compitiendo con grandes empresas productoras del mismo y de buena calidad, pero siempre caracterizándose por ser de lo mejores, es por esta razón que se debe aprovechar al máximo cada grano de café y explorar el uso y el adecuado resultado que nos pueda brindar tanto en los campos económicos, químicos y alimenticios.

Nuestra región cafetera, el Quindío , sería la más beneficiada si cada desecho de café se reutilizara , puesto que es viable hacerlo y así quedara demostrado a través del desarrollo de este trabajo y a través de las estadísticas de la superproducción del café dada por la Federación Nacional de Cafeteros en donde muestra que la zona de influencia en el cultivo del mismo alcanza unos 3, 6 millones de hectáreas y representa para el país el 1% del Producto interno Bruto (PIB) y el 10% de la producción total del sector agrícola e Industrial durante los seis últimos años , Se estima que de las 800.000 hectáreas sembradas con cultivos de café 300.000 se encuentran afectadas por *hypothenemus hampei (ferrari)* generando pérdidas millonarias del 37.5% en la economía cafetera. <sup>1</sup> , De esta manera y con la elaboración de este trabajo se puede inducir a que se creen más posibilidades de empleo para los habitantes de esta región que tanto la necesitamos, de lo cual la misma se afianzaría como el principal motor del desarrollo económico y social de Colombia. De Aquí surge la importancia de darle una visión a las personas desde el campo químico, de caracterizar el café brocado desechado para obtener la elaboración de concentrado para ganado, fabricación de jabón y la extracción de la

---

<sup>1</sup> Revista Febrero 2002, Cenicafe, número 2

cafeína y el aceite del cual se puede obtener subproductos y así darle una aplicación comercial al café afectado por la broca, contribuyendo en la economía de los caficultores que están siendo amenazados por esta plaga.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1. OBJETIVO GENERAL:**

- Caracterizar el café brocado, y evaluarlo como posible materia prima en algunas aplicaciones de la industria química y farmacéutica..

### **4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS:**

- Extraer, purificar y cristalizar el aceite de café brocado desechado por los caficultores.
- Encontrar cuales son los componentes del aceite (ácidos grasos) por medio de un cromatógrafo de gases acoplado a un detector selectivo de masas.
- Aplicar un método económico para la extracción de la cafeína proveniente del café brocado desechado
- Elaborar jabón a partir de la grasa extraída del café brocado
- Determinar el potencial de la torta para elaborar concentrado para animales.

## 5. MARCO TEORICO

### 5.1. EL CAFÉ

#### ORIGEN DEL CAFÉ EN EL MUNDO

Las plantas de Café son originarias de la antigua ETIOPIA en la República de Yemen.

Es fácil confundirse con el origen verdadero del café, ya que antiguas leyendas sobre el cultivo y la costumbre de tomar el mismo provienen de Arabia, por esto una de las más fuertes y aceptada de las leyendas acerca del descubrimiento de la planta y la bebida del café es la del pastor llamado Kaldi la cual plantea, que , del extraño comportamiento de las cabras que estaban a su mando, después de comer de la fruta y las hojas de un desconocido arbusto, terminaban muy excitadas y llenas de energía. Kaldi decidió probar las hojas del arbusto que tenía frutas parecidas a las cerezas y un rato después se sintió lleno de energía, por su asombro, llevó algunos frutos y ramas de ese arbusto a un monasterio, le comento lo sucedido al Abad, y éste decidió cocinar las ramas y las cerezas obteniendo como resultado una bebida muy amarga que él tiró de inmediato al fuego, las cerezas empezaron a hervir, en su interior produjeron un delicioso aroma que de la que el Abad pensó en hacer una bebida basada en el café tostado y así nació la bebida del café.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Internet, [www.monografias.com/Historia/Index.shtml](http://www.monografias.com/Historia/Index.shtml)

### **5.1.2. ORIGEN DEL CAFÉ EN COLOMBIA**

Existen muchas versiones del origen del café en Colombia. Algunas dicen que llegó vía Venezuela, mientras que otras especulan que provino de los países de Centro América. La versión más fuerte es la que describe el sacerdote José Gumilla en su libro "El Orinoco Ilustrado" . El padre Gumilla planteó que la planta fue sembrada en Santa Teresa de Tabage, población fundada por la Misión Jesuita, localizada entre el río Meta y el río Orinoco. En 1736, las semillas fueron llevadas a Popayán, y se plantaron en un monasterio local. Desde este entonces existen muchos documentos que hacen referencia al crecimiento y florecimiento del café a que fue plantado en varias áreas del país.

En 1835 tuvo lugar la primera producción comercial de café, de lo cual se extrae los registros que muestran que los primeros 60 Kg de café fueron exportados desde Colombia en ésta época.

Los primeros cultivos de café crecieron en la zona oeste del país, en "Los Santanderes" y se dice que un sacerdote de nombre Francisco Romero imponía a los peregrinos pecadores la penitencia de sembrar una planta de café. Desde que Fr. Romero fue el sacerdote, en más de una congregación se difundió esta tradición, por esta razón a este eclesiástico se le atribuye la difusión del cultivo del café en esta zona del país.

Desde 1850 los dueños de los cultivos se encargaron de difundirlos a otras regiones de Colombia , entre 1874 y 1900 , se facilitó más la propagación del producto, más aún después de la construcción de el "Ferrocarril de Antioquia", por esto se hizo mucho más fácil para los productores de café el transportar sus cultivos en todo el país.

### 5.1.3. CLASIFICACION BOTANICA DEL CAFE:

<b>REINO</b>	<b><i>PLANTAE</i></b>
<b>DIVISION</b>	<b><i>ANTOFITA</i></b>
<b>SUBDIVISION</b>	<b><i>ANGIOSPERMA</i></b>
<b>CLASE</b>	<b><i>DICOTILEDONEAS</i></b>
<b>SUBCLASE</b>	<b><i>SIMPETALA</i></b>
<b>ORDEN</b>	<b><i>RUBIALES</i></b>
<b>FAMILIA</b>	<b><i>RUBIACEAS</i></b>

La familia de las rubiáceas tiene características fáciles de conocer, las hojas salen en pares en cada nudo, no tienen divisiones y los bordes son lisos, la corola nace encima del ovario y los pétalos unidos forman un nudo, las flores son hermafroditas y generalmente cada fruto tiene dos semillas.

Dentro de la familia de las rubiáceas al género *coffea* pertenecen alrededor de 500 géneros y 8000 especies.

### 5.1.4. RAICES DEL CAFETO:

Su función es hacer que el árbol permanezca anclado y en su sitio.

El cafeto tiene una raíz principal que penetra verticalmente en el suelo hasta una profundidad de 20 – 60 centímetros; de esta raíz salen otras raíces o raicillas. En

los primeros 10 centímetros de profundidad, se encuentran mas del doble de las raíces que se encuentran en la capa inmediatamente inferior; y en los siguientes 30 centímetros de profundidad se encuentra el 90% de las raíces pequeñas que son las que toman el agua y los nutrientes, y cerca del tronco la cantidad de raíces es mucho mayor que fuera de la gotera del árbol.

#### **5.1.5. TRONCO, RAMAS Y HOJAS DEL CAFETO:**

TRONCO Y RAMAS: el tronco y las ramas del cafeto forman el armazón o esqueleto del cafeto. Las ramas primarias en caso de perderse por accidente o enfermedad, no se pueden renovar y se perdería una zona muy considerable para la producción de frutos, las ramas secundaria y el tronco se pueden renovar, por medio de las yemas localizadas en el tallo y producen una nueva rama y una inflorescencia según el estado del árbol.

HOJAS: en ellas se realizan el proceso fotosintético y la respiración, siendo necesario para este proceso la luz del sol y la clorofila. También en las hojas se encuentran azúcares que pasan por la corteza a los demás órganos de las plantas; allí sufren transformaciones para sintetizar almidones, celulosa, grasas, aceites y proteínas.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Carlos Alfredo Vargas “El café y sus aspectos botánicos” edit.Colombia.1996

### 5.1.6. FLORES Y FRUTOS DEL CAFETO:

LA FLOR: aparecen en las axilas de las hojas en grupo de cuatro o mas sobre un tallito muy corto llamado glomérulo, en la base de cada hoja hay tres a cinco de ellas; las yemas que va a producir un glomérulo se demoran aproximadamente doce semanas para dar origen a los botones florales.

La flor tiene un tallito muy corto denominado estilo y en la parte de abajo se encuentra el ovario, encima del ovario hay unas hojas pequeñísimas de uno a dos milímetros llamados cepalos, los cuales forman el cáliz y dentro de este aparece la corola; las hojas que forman la corola se llaman pétalos.

FRUTOS: es la unión de un grano de polen con la semilla; después de que el ovulo sea fecundado el ovario empieza a crecer hasta alcanzar su tamaño definitivo a las tres semanas. A las 32 semanas de que abre la flor, el fruto esta completamente maduro.

En el fruto encontramos cuatro principales componentes: la pulpa, el pergamino el mucílago y la almendra.

**La pulpa del café:** Esta compuesta por el epicarpio y parte del mesocarpio del fruto. La misma cuando es llevada a los depósitos, posee cerca de un 85% de humedad. La pulpa de café contiene entre otras cosas cantidades importantes de cafeína la que representa cerca del 0.8% de su peso seco.

Investigaciones realizadas indica lamentablemente que, la extracción de esa cafeína no es rentable. La cafeína de la pulpa de café se degrada muy rápidamente si se permite una fermentación aeróbica.

Por su rico contenido en nitrógeno, la pulpa de café es utilizada como abono orgánico para las mismas plantaciones de este fruto

La pulpa también es utilizada como combustible, estudios del café, establecen que la pulpa deshidratada se comporta como un muy buen combustible capaz de proveer hasta 4200 kilocalorías por kilogramo de peso.

Se ha planteado como necesario el prensado de la pulpa por medios mecánicos para retirar parte de su 85% de su humedad de tal forma que se facilite el secado final de la misma y permitir así su posterior uso como combustible.

#### **Pergamino como combustible:**

El pergamino de café "Endocarpio del fruto" es usado en su totalidad como combustible.

El pergamino es almacenado en silos y desde allí es alimentado a los hornos de combustión con el empleo del aire o bien con el empleo de transportadores Helicoidales o vibradores. Este material representa un excelente complemento para el uso de la leña; el mismo aporta 4200 kilocalorías por kilogramo de peso.

#### **Mucílago del café:**

El mucílago del café es normalmente fermentado o desprendido del café mecánicamente para posibilitar el lavado de la semilla permitiéndose la ilusión del mismo y obligando a su tratamiento. Las bacterias anaerobias digieren mas fácilmente las aguas de lavado que las aguas de despulpado por existir menos taninos en las primeras.

El mucílago del café se compone principalmente por azúcares reductores y no reductores así como por sustancias tecticas donde la ilusión de las mismas a imposibilitado su uso hasta el presente. El desmucilaginado mecánico del café y el uso de muy poca o ninguna agua por parte de algunos beneficiadores colombianos abre la posibilidad de la industrialización de este subproducto el cual, de otra forma, debe ser neutralizado para ser tratado, produciendo gas metano.

La almendra es utilizada para alimentación, en forma de bebidas, confites y otros tipos de alimentos.

#### 5.1.7. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL CAFÉ SECO <sup>4</sup>:

<b>Contenido en 100 gramos de parte comestible</b>						
<b>% calorías</b>	<b>% humedad</b>	<b>% proteínas</b>	<b>% grasa</b>	<b>% carbohidratos</b>	<b>% fibra</b>	<b>% cenizas</b>
<b>384</b>	<b>5.9</b>	<b>14.2</b>	<b>14</b>	<b>53.8</b>	<b>7.6</b>	<b>4.5</b>

---

<sup>4</sup> Instituto nacional de nutrición, tabla de composición de alimentos colombianos, tercera edición, 1987

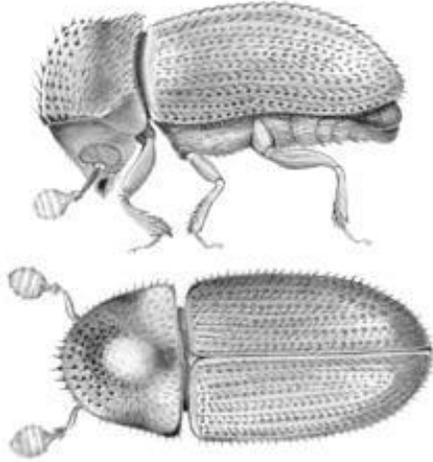
### 5.1.8. HYPOTHENEMUS HAMPEI (BROCA)

#### Clasificación científica:

<b>REINO</b>	<b><i>ANIMALIA</i></b>
<b>FILO</b>	<b><i>ARTHROPODA</i></b>
<b>CLASE</b>	<b><i>INSECTA</i></b>
<b>ORDEN</b>	<b><i>COLEOPTERA</i></b>
<b>FAMILIA</b>	<b><i>SCOLYTIDAE</i></b>
<b>GENERO</b>	<b><i>HYPOTHENEMUS</i></b>

El *Hypothenemus hampei* (conocido a veces como "broca del fruto del cafeto", "barrenador del café", "broca del café" o "taladro de cerezas del cafeto". Es un insecto coleóptero, que es la plaga más importante del café, puede afectar al 100% de la producción si no se toman medidas como tratamientos químicos que reducen sensiblemente este porcentaje al 5%, no hay medidas para su actividad después de la recolección, lo ideal es atajar el problema antes, pero es difícil debido a la poca predictibilidad del clima y los patrones de floración o los procesos migratorios del barrenador. Todos los estudios sugieren que el hospedador principal sería el café arábica, pero se han encontrado casos de afección en otras plantas. El listado de países donde se encuentra es amplio y abarca toda la zona de cultivo. Hay muchos donde se han tomado medidas restrictivas.

El transporte accidental de semillas contaminadas con broca ha sido el origen de la infección en todo el mundo.



La broca afecta sobre todo al fruto o las vainas. Unas 8 semanas tras la floración y hasta la cosecha, la hembra ataca drupas maduras si están disponibles, coloca unos huevos ovoides en depósitos verdes, marrones o grises en el endoesperma. La hembra puede atacar un fruto que tenga un endoesperma líquido, inmaduro, fácil de

Figura 1: vista de la broca

Lo hace hasta el mesodermo y esperar varias semanas hasta que el fruto madure. Hay estudios que dicen que la mortalidad del barrenador es alta si ataca frutos muy inmaduros, probablemente porque estaría más expuesto a depredadores o pesticidas en el mesodermo. <sup>5</sup>

La hembra se queda con los 35-50 huevos que se hacen adultos en 25-60 días, dependiendo de la temperatura y la consistencia del endoesperma. Cuando llegan a la adultez, las nuevas hembras se aparean con los pequeños machos ápteros. Tendrían una genealogía partenogenética haplodiploide, los machos tendrían material genético sólo de las hembras.

Si dos hembras han colonizado la misma planta sus proles pueden aparearse entre sí. Algunas hembras depositan sus huevos en la misma planta donde eclosionaron, pero otras se van a otra, se desconoce la facilidad de supervivencia dentro de la planta. Una planta puede albergar más de tres generaciones, pero las dos primeras serían las más importantes. En los frutos más maduros se pueden

---

<sup>5</sup> Internet: [www.ica.gov.co/Normatividad/normas/Archivos/1995R2581.pdf](http://www.ica.gov.co/Normatividad/normas/Archivos/1995R2581.pdf) -

llegar a encontrar más de 100 individuos, se cree que podrían llegar a 8 generaciones al año, pero sólo en casos excepcionales pasarían de las cinco al año.<sup>6</sup>

### **5.1.9. ACEITES Y GRASAS**

Las materias grasas son producidas en la naturaleza por los organismos vegetales y animales. En el primer caso se llaman grasas vegetales o de origen vegetal; en el segundo, grasas animales o de origen animal.

Las grasas de origen vegetal se clasifican de acuerdo con la planta que las produce y, por lo general, reciben el nombre de ella.

A la temperatura ordinaria, las grasas tienen diferente consistencia. Pueden ser líquidas, semisólidas o sólidas. Las líquidas reciben el nombre de aceites; las semisólidas se llaman mantecas y los sólidos sebos.

Las grasas están constituidas por la combinación de ácidos grasos con la glicerina. Los principales ácidos grasos son el esteárico, el palmítico y el oleico.

Las grasas son siempre mezclas de varios glicéridos y su consistencia depende de la proporción en que éstos se encuentren en ellos; así, si domina por ejemplo el glicérido del ácido palmítico o el del esteárico, la grasa es más o menos sólida, y si domina el del ácido oleico la grasa es más o menos líquida. Por ejemplo, los aceites de oliva, almendra, cacahuate y algodón, formados principalmente por glicéridos del ácido oleico son líquidos; las grasas de cerdo, la mantequilla, el sebo

---

<sup>6</sup> Federación nacional de cafeteros de Colombia, centro nacional de investigaciones de café “Pedro Uribe Mejía” cenicafe octubre 1997 “caracterización de café tostado a partir de café perforado por la broca”

y la manteca de cacao, que contienen gran proporción de glicéridos de los ácidos esteárico y palmítico, son más o menos sólidas.

#### **5.1.10. CLASIFICACION DE LOS ACEITES:**

Los aceites se pueden clasificar en aceites secantes o semisecantes, esto se determina por medio del índice de yodo, recordemos que el índice de yodo es el número de gramos de yodo que se combinan con cien gramos de grasa. Este dato nos muestra que tantos ácidos grasos o más bien que cantidad de insaturaciones presenta los ácidos grasos que componen cierto aceite.

Si el índice de yodo es superior a 100 entonces nos muestra que hay buena presencia de ácidos grasos insaturados y podemos afirmar que se trata de un aceite secante, de lo contrario si el índice de yodo es inferior a 99 se trataría de un aceite semisecante.

Los aceites secantes, tienen la propiedad de que cuando se extienden sobre una superficie y se dejan al aire, secan lentamente, formando una película resistente y duradera. Estos tipos de aceites se utilizan para formar pinturas, barnices o resinas.

En cambio los aceites semisecantes pueden guardar su contextura así se dejen en la superficie. Este tipo de aceite se utiliza para el consumo humano

### **ACIDOS GRASOS**

Un ácido graso es una molécula orgánica formada por una larga cadena hidrocarbonada, de número par de átomos de carbono, en cuyo extremo hay un grupo carboxilo. Cada átomo de carbono se une al siguiente y al precedente por medio de un enlace covalente sencillo. Al átomo de su extremo le quedan libres

tres enlaces que son ocupados por átomos de hidrogeno ( $H_3C-$ ). Los demás átomos tienen libres dos enlaces, que son ocupados igualmente por átomos de hidrógeno ( $-CH_2-CH_2-CH_2-$ ) $_n$ . El grupo carboxilo tiene carácter ácido y el grupo hidroxilo tiene carácter básico.

En general, podemos escribir un ácido graso genérico como  $R-COOH$ , en donde  $R$  es la cadena hidrocarbonatada que identifica al ácido en particular.

Los ácidos grasos son los componentes de algunos lípidos como las grasas, donde el extremo de la molécula donde se encuentra el grupo carboxilo ( $-COOH$ ) es el que se combina con uno de los grupos hidroxilos ( $-OH$ ) de la glicerina o propanotriol, reaccionando con él.

## **ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES**

Se llaman ácidos grasos esenciales a algunos ácidos grasos, como el linoleico, linolénico o el araquidónico que no pueden ser producidos por los mamíferos, pero desempeñan una función importante en el organismo, por lo que deben ser incorporados con la dieta.

### **ÁCIDO LINOLEICO**

Es un ácido graso esencial para el organismo humano, lo cual quiere decir que el organismo no puede sintetizarlo y tiene que ser ingerido por la dieta. Es un tipo de grasa insaturada, más concretamente poliinsaturada (dos dobles enlaces) y perteneciente al grupo omega-6 (primer enlace de hidrogeno en el carbono 6). En alimentos industrialmente procesados una parte de este ácido debe ser saturado

con hidrógeno para que el alimento sea más estable, lo que hace que se originen "grasas hidrogenadas" y de "configuración trans", que en nuestro organismo se comportan como las grasas saturadas. Aquí el problema que se plantea la industria mundial al intentar erradicar las grasas "malas" saturadas o parcialmente hidrogenadas.

## ÁCIDO ARAQUIDÓNICO

Este ácido graso **esencial**, *omega-6* formado por una cadena de 20 carbonos con cuatro dobles enlaces (ácido eicosatetraenoico) en las posiciones 5,8,11 y 14, por esto es el ácido 20:4(5,8,11,14).

Su fórmula química estructural es :



La presencia de dobles enlaces ofrece a la molécula varios sitios potenciales de oxidación, enzimática y química, que junto con el posterior reordenamiento, permite la formación de diferentes lípidos con distintas actividades biológicas.

El ácido araquidónico está presente en las membranas de las células corporales, y es el precursor en la producción de eicosanoides. Es uno de los ácidos grasos esenciales requeridos por la mayoría de los mamíferos. Algunos de estos tienen poca capacidad de convertir ácido linoleico en ácido araquidónico, o carecen totalmente de ella, por lo que se torna parte esencial de su dieta.

Los aceites pueden ser analizados y caracterizados por varias técnicas instrumentales, entre ellas se encuentra la cromatografía de gases.

## **5.2. CROMATOGRAFÍA DE GASES:**

La cromatografía de gases es una técnica en la que la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica. La elusión se produce por el flujo de una fase móvil de gas inerte. A diferencia de los otros tipos de cromatografía, la fase móvil no interacciona con las moléculas del analito; su única función es la de transportar el analito a través de la columna. Existen dos tipos de cromatografía de gases (GC): la cromatografía gas-sólido (GSC) y la cromatografía gas-líquido (GLC), siendo esta última la que se utiliza más ampliamente, y que se puede llamar simplemente cromatografía de gases (GC). En la GSC la fase estacionaria es sólida y la retención de los analitos en ella se produce mediante el proceso de adsorción. Precisamente este proceso de adsorción, que no es lineal, es el que ha provocado que este tipo de cromatografía tenga aplicación limitada, ya que la retención del analito sobre la superficie es semipermanente y se obtienen picos de elusión con colas. Su única aplicación es la separación de especies gaseosas de bajo peso molecular. La GLC utiliza como fase estacionaria moléculas de líquido inmovilizadas sobre la superficie de un sólido inerte.

### **5.2.1. Instrumentación**

La GC se lleva a cabo en un cromatógrafo de gases. Éste consta de diversos componentes como el gas portador, el sistema de inyección de muestra, la columna (generalmente dentro de un horno), y el detector.

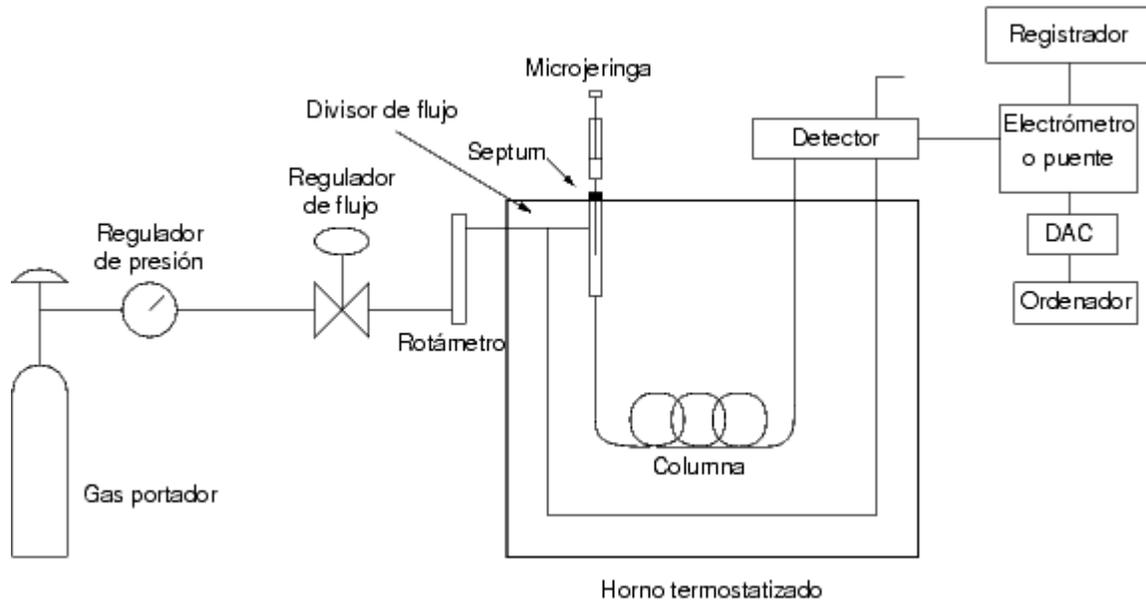


FIGURA 2: Cromatógrafo de gases

### 5.2.2. Gas portador

El gas portador debe ser un gas inerte, para prevenir su reacción con el analito o la columna. Generalmente se emplean gases como el helio, argón, nitrógeno, hidrógeno o dióxido de carbono, y la elección de este gas en ocasiones depende del tipo de detector empleado. El almacenaje del gas puede ser en balas normales o empleando un generador, especialmente en el caso del nitrógeno y del hidrógeno. Luego tenemos un sistema de manómetros y reguladores de flujo para garantizar un flujo estable y un sistema de deshidratación del gas, como puede ser un tamiz molecular.

### 5.2.3. Sistema de inyección de muestra

La inyección de muestra es un apartado crítico, ya que se debe inyectar una cantidad adecuada, y debe introducirse de tal forma (como un "tapón de vapor") que sea rápida para evitar el ensanchamiento de las bandas de salida; este efecto se da con cantidades elevadas de analito. El método más utilizado emplea una micro jeringa (de capacidades de varios microlitos) para introducir el analito en una cámara de vaporización instantánea. Esta cámara está a 50°C por encima del punto de ebullición del componente menos volátil, y está sellada por una junta de goma de silicona o *septum*.

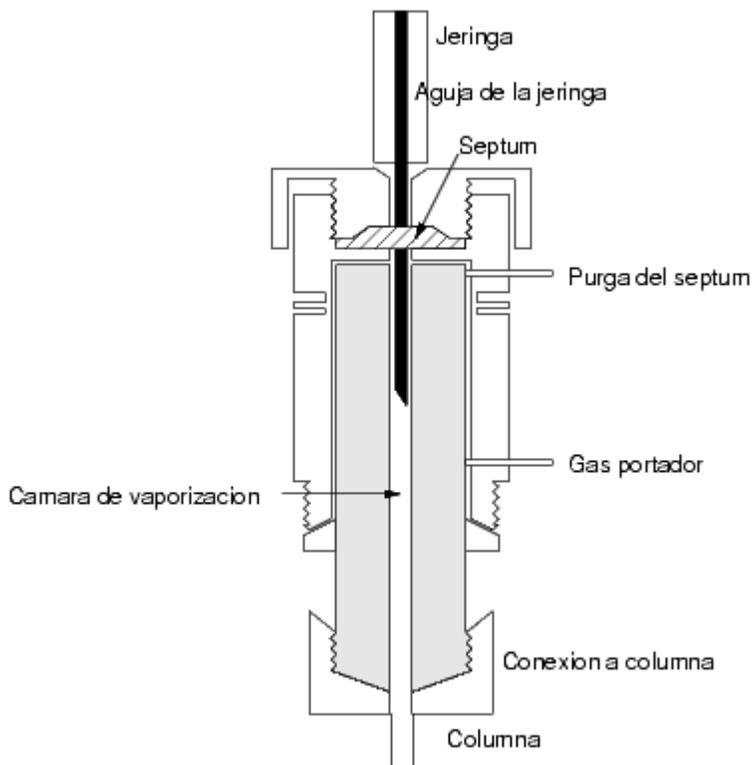


FIGURA 3: sistema de inyección

#### 5.2.4. Detectores

El detector es la parte del cromatógrafo que se encarga de determinar cuándo ha salido el analito por el final de la columna. Las características de un detector ideal son:

**Sensibilidad:** Es necesario que pueda determinar con precisión cuándo sale analito y cuando sale sólo el gas portador. Tienen sensibilidades entre  $10^{-8}$  y  $10^{-15}$  g/s de analito.

**Respuesta lineal al analito** con un rango de varios órdenes de magnitud.

**Tiempo de respuesta corto**, independiente del caudal de salida.

**Intervalo de temperatura de trabajo amplio**, por ejemplo desde temperatura ambiente hasta unos 350-400°C, temperaturas típicas trabajo.

**No debe destruir la muestra.**

**Estabilidad y reproducibilidad**, es decir, a cantidades iguales de analito debe dar salidas de señal iguales.

**Alta fiabilidad y manejo sencillo**, o a prueba de operadores inexpertos.

**Respuesta semejante para todos los analitos**, o

**Respuesta selectiva y altamente predecible** para un reducido número de analitos.

Algunos tipos de detectores:

Detector de ionización de llama.

Detector de conductividad térmica.

Detector termoiónico.

Detector de captura de electrones

Detector de emisión atómica.

### **La fase estacionaria :**

Las propiedades necesarias para una fase estacionaria líquida inmovilizada son:

1. Características de reparto (factor de capacidad  $k'$  y factor de selectividad  $\alpha$ ) adecuados al analito.
2. Baja volatilidad, el punto de ebullición de la fase estacionaria debe ser al menos 100°C mayor que la máxima temperatura alcanzada en el horno.
3. Baja reactividad.
4. Estabilidad térmica, para evitar su descomposición durante la elución.

Existen como mucho una docena de disolventes con estas características. Para elegir uno, debe tenerse en cuenta la polaridad del analito, ya que a mayor polaridad del analito, mayor polaridad deberá tener la fase estacionaria. Algunas fases estacionarias utilizadas actualmente (2005) son:

### **5.2.5. Aplicaciones**

La GC tiene dos importantes campos de aplicación. Por una parte su capacidad para resolver (separar) mezclas orgánicas complejas, compuestos órgano metálicos y sistemas bioquímicos. Su otra aplicación es como método para determinar cuantitativa y cualitativamente los componentes de la muestra. Para el análisis cualitativo se suele emplear el tiempo de retención, que es único para cada compuesto dadas unas determinadas condiciones (mismo gas portador,

rampa de temperatura y flujo), o el volumen de retención. En aplicaciones cuantitativas, integrando las áreas de cada compuesto o midiendo su altura, con los calibrados adecuados, se obtiene la concentración o cantidad presente de cada analito.

### **5.3. JABONES:**

El Jabón es un agente limpiador o detergente que se fabrica utilizando grasas vegetales y animales y aceites. Químicamente, es la sal de sodio o potasio de un ácido graso que se forma por la reacción de grasas y aceites con álcali.

Las grasas y aceites utilizados son compuestos de glicerina y un ácido graso, como el ácido palmítico o el ácido esteárico. Cuando estos compuestos se tratan con una solución acuosa de un álcali, como el hidróxido de sodio, en un proceso denominado saponificación, se descomponen formando la glicerina y la sal de sodio de los ácidos grasos. La palmitina, por ejemplo, que es el éster de la glicerina y el ácido palmítico, produce tras la saponificación palmitato de sodio (jabón) y glicerina.

Los ácidos grasos que se requieren para la fabricación del jabón se obtienen de los aceites de sebo, grasa y pescado, mientras que los aceites vegetales se obtienen, por ejemplo, del coco, la oliva, la palma, la soja (soya) o el maíz. Los jabones duros se fabrican con aceites y grasas que contienen un elevado porcentaje de ácidos saturados, que se saponifican con el hidróxido de sodio. Los jabones blandos son jabones semifluidos que se producen con aceite de lino, aceite de semilla de algodón y aceite de pescado, los cuales se saponifican con hidróxido de potasio. El sebo que se emplea en la fabricación del jabón es de

calidades distintas, desde la más baja del sebo obtenido de los desperdicios (utilizada en jabones baratos) hasta sebos comestibles que se usan para jabones finos de tocador. Si se utiliza sólo sebo, se consigue un jabón que es demasiado duro y demasiado insoluble como para proporcionar la espuma suficiente, y es necesario, por tanto, mezclarlo con aceite de coco. Si se emplea únicamente aceite de coco, se obtiene un jabón demasiado insoluble para usarlo con agua fresca; sin embargo, hace espuma con el agua salada, por lo que se usa como jabón marino. Los jabones transparentes contienen normalmente aceite de ricino, aceite de coco de alto grado y sebo. El jabón fino de tocador que se fabrica con aceite de oliva de alto grado de acidez se conoce como jabón de Castilla. El jabón para afeitar o rasurar es un jabón ligero de potasio y sodio, que contiene ácido esteárico y proporciona una espuma duradera. La crema de afeitar es una pasta que se produce mediante la combinación de jabón de afeitar y aceite de coco.

#### **5.4. ALIMENTO PARA ANIMALES**

Son mezclas de nutrientes elaborados, en forma tal que respondan a requerimientos de cada especie, edad, tipo de explotación a que se destine el animal, bien sea suministrado como única fuente de alimento o como complemento de otras fuentes nutricionales.

En la fabricación de alimento para ganado, se toman en cuenta varios parámetros, entre ellos están el porcentaje de proteína, fibra, carbohidratos y vitaminas.

El uso de plantas ha sido una fuente muy importante en la fabricación de alimento para ganado, una posibilidad para la producción de este alimento, es utilizando como base el pasto morera (*Morus sp.*) y del mata ratón (*Gliricidia sepium*)

En el primer caso, las hojas tienen un alto valor nutritivo, con proteína cruda de la materia seca entre 20 y 30%, fibra cruda de solo 15% y digestibilidad de la materia seca de 60-65% (Adejumo y Ademosum, 1985). La morera muestra valores de la proteína cruda de las hojas desde 15% hasta 28% dependiendo de la variedad, edad de las hojas y condiciones de crecimiento, con una fracción fibrosa baja en las hojas comparada con otros forrajes. Una característica resaltante de la morera es su contenido de cenizas, que puede ser de hasta 25%. Los niveles de calcio están entre 1,8 y 2,4% y fósforo de 0,14 hasta 0,24% (Sánchez, 1999)<sup>7</sup>

Una mezcla de este tipo de planta, con otra que complemente los requisitos necesarios para la alimentación del ganado, sería esencial para el desarrollo económico de este sector.

En la fabricación de alimento para animales se deben de tener en cuenta algunos parámetros tales como:

### **Proteínas:**

Necesarias para el crecimiento y la formación de todos los tejidos. Están formadas por cadenas de aminoácidos, de éstos algunos son elaborados por el organismo y otros se deben obtener a través de la alimentación.

---

<sup>7</sup> Zootecnia tropical, 23 (1) pag. 49-60. 2005

**Vitaminas:**

Necesarias como catalizadores de distintas reacciones químicas, desempeñan numerosas funciones, entre ellas mantener sanos la piel, el pelo, la vista, los huesos, etc.

**Minerales:**

Tienen funciones reguladoras y estructurales e intervienen en la formación de tejido óseo como el calcio, en la transmisión neuromuscular, como el magnesio, en la coagulación de la sangre, en numerosos procesos enzimáticos y metabólicos y aunque en proporciones muy pequeñas son necesarios para el buen funcionamiento del organismo en general.

**Ácidos grasos esenciales**

Proporcionan energía y mantienen el pelo y la piel sanos. Además, hacen sabrosas las comidas y ayudan en la absorción de algunas vitaminas. Algunos ácidos esenciales son el linoleico y el araquidónico, visto anteriormente.

**Carbohidratos y fibra**

Proporcionan energía inmediata y la fibra contenida en ellos ayuda a la digestión y al buen funcionamiento intestinal, al arrastrar los desechos que se eliminan en las heces, favoreciendo una buena consistencia de las mismas.

## 5.5. CAFEINA:

La **cafeína** o **teína** es un compuesto químico que se encuentra en la naturaleza en las semillas de cafeto, de cacao (chocolate), de cola, en las hojas de té y en la guaraná. Es bien conocido por sus características, su intenso sabor amargo y como estimulante del sistema nervioso central, el corazón y la respiración. También tiene efectos diuréticos. Suele añadirse a algunos refrescos, como los refrescos de cola.

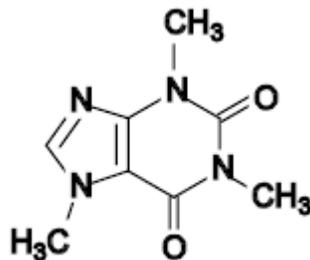


Figura 4: estructura química de la cafeína

La cafeína es un alcaloide de la familia metilxantina, que también incluye los compuestos teofilina y teobromina, con estructura química similar. En estado puro es un polvo blanco muy amargo. Fue descubierta en 1819 por Ruge y descrita en 1821 por Pelletier y Robiquet.

Su fórmula química es C<sub>8</sub>H<sub>10</sub>N<sub>4</sub>O<sub>2</sub>, su nombre sistémico es 1,3,7-trimetilxantina o 3,7-dihidro-1,3,7-trimetil-1H-purina-2,6-diona.

Una taza de café contiene de 100 a 200 mg de cafeína. Un café expreso contiene cerca de 100 mg, el café descafeinado, debe contener una cantidad de cafeína no

superior al 0,3%. La cafeína se puede conseguir también en píldoras estimulantes de hasta 200 mg.

El consumo en cantidades muy grandes puede provocar una intoxicación. Sus síntomas son insomnio, nerviosismo, excitación, cara rojiza, aumento de la diuresis y problemas gastrointestinales. En algunas personas los síntomas aparecen consumiendo cantidades muy pequeñas, como 250 mg por día. Más allá de un gramo al día puede producir contracciones musculares involuntarias, desvaríos, arritmia cardíaca, y agitaciones psicomotrices. Los síntomas de la intoxicación con cafeína son similares a los del Pánico y de ansiedad generalizada. La LD<sub>50</sub> estimada de la cafeína es de 10 g, cuyo equivalente es de un promedio de 50 tazas de café.

## 6. METODOLOGÍA

### 6.1. MATERIA PRIMA:

Se utilizó como materia prima, café brocado orgánico, el cual fue cultivado y recolectado en la finca san pedro vía Armenia – Pereira, en la variante chaguala.

Allí se cultiva la especie de *cofee arabiga*, que es la especie mas común en tierra cafetera. Luego de la recolecta, se toma el café y se seca en estufa a 40centígrados durante 1 semana, se muele y se procede a analizar.

Allí también se recolecto el café orgánico en buen estado, que sirvió como referencia comparativa para analizar el café brocado.



FIGURA 5 : café organico en buen estado



FIGURA 6 : café orgánico brocado

## 6.2. MATERIALES, REACTIVOS Y EQUIPOS

### 6.2.1 MATERIALES:

- ✓ Erlenmeyer de 25, 50, 100, y 500 ml
- ✓ Equipo soxhlet
- ✓ Tubos de ensayo
- ✓ Beaker de 50, 100, 500 y 1000 ml
- ✓ Agitador de vidrio
- ✓ Vidrio reloj
- ✓ Caja de petri
- ✓ Bureta
- ✓ Café brocado
- ✓ Café en buen estado

### 6.2.2. REACTIVOS

:

- ✓ Agua destilada
- ✓ Hidróxido de sodio y de potasio
- ✓ Ácido clorhídrico
- ✓ Oxido de magnesio

- ✓ Éter de petróleo
- ✓ Acetato de plomo
- ✓ Etanol
- ✓ Metanol
- ✓ Cloroformo
- ✓ Acetona
- ✓ Hexano
- ✓ Solución de hanus
- ✓ Yoduro de potasio
- ✓ Tiosulfato de sodio

### **6.2.3. EQUIPOS:**

- ✓ Cromatógrafo de gases marca hewlett packard 5890 serie ii acoplado a un detector selectivo de masas.
- ✓ Microbalanza electrónica, doble rango, marca precisa modelo 40sm – 200°.
- ✓ Mufla.
- ✓ Refractómetro
- ✓ Potenciómetro
- ✓ Estufa
- ✓ Balanza analítica

### 6.3. ANALISIS A NIVEL DE LABORATORIO

**Extracción del aceite de café:** Se realizo un montaje de lixiviación con soxlhet, utilizando como solvente éter de petróleo y un tiempo estimado de 62 horas. Luego se evaporo el solvente, quedando solamente la grasa.

#### PROCEDIMIENTO:

- Se toma el café molido, seco y se pesan 250 gramos.
- Se introduce en una bolsa filtro y se pesa nuevamente.
- Se instala el método de extracción de liquido – sólido o método del soxlhet Utilizando como solvente éter de petróleo.

- Se deja en reflujo durante una semana.
- Se retira lo extraído y mediante un rota evaporador, se separa el solvente.

#### Purificación del aceite:

- Se toman .20 mL del aceite extraído en el paso anterior, y se le agrega hidróxido de potasio 1.0 M hasta completa saponificación.
- Se calienta y se agita durante una hora.
- Luego se deja enfriar y se acidifica la solución con ácido clorhídrico 0.5 N, se forma una fase acuosa y otra aceitosa.
- Se desecha la fase acuosa y se toma la parte aceitosa (aceite purificado).

**Determinación del índice de saponificación:** se determina mezclando la muestra en una solución etanólica de hidróxido de potasio y titulando luego con ácido clorhídrico 0.5 normal.

PROCEDIMIENTO:

- Pesar 2 gramos de aceite, adicionarle 25 mL de solución alcohólica de KOH.
- Llevar a reflujo por un intervalo de 40 a 60 minutos.
- Adicionarle 1mL de fenolftaleina.
- Valorar en caliente con HCl 0.5 N.
- Observar hasta cuando desaparezca el color rosa.
- Hacer un blanco
- Cálculos: 
$$I.S. = 56.1( V_1 - V_2 ) *N / G$$

Donde:

$V_1$  = Volumen en mililitros de HCl 0.5 N gastados en el blanco.

$V_2$  = Volumen en mililitros de HCl 0.5 N gastados en la valoración de la muestra.

G = peso en gramos de la muestra.

N = normalidad de la solución de HCl empleada en la valoración.

**Determinación del índice de acidez:** Se utilizo el método de R. Lees, que consta de titular con hidróxido de potasio una mezcla de muestra y etanol.

PROCEDIMIENTO:

- Pesar 5 gramos de aceite y llevarlos a un Erlenmeyer de 100 mL
- Tomar 50 mL de etanol al 95%, adicionarle de tres a cinco gotas de fenolftaleina al 1 %, neutralizar con NaOH 0.1 normal hasta alcanzar color rosáceo.
- Se agregan los 50 mL de etanol neutralizado a la muestra
- Calentar la muestra hasta ebullición con agitación constante.
- Titular con NaOH 0.1 N hasta que aparezca el color rosa que debe permanecer durante un minuto

- Cálculos:  $I.A. = A*B*C/D$

Donde:

A= mililitros de hidróxido de sodio gastado en la muestra.

B= normalidad del hidróxido de sodio.

C= peso equivalente del hidróxido de sodio.

D= peso de la muestra en gramos.

**Determinación del índice de yodo:** Se trabajo en cuarto oscuro, para que las condiciones de datos fueran correctas:

PROCEDIMIENTO:

- ✓ Se pesan 0.25 gramos de aceite.

- ✓ Se disuelven en 10 mL de cloroformo.
- ✓ Agregar 25 mL de solución de hanus.
- ✓ Dejarlo en cuarto oscuro por 30 minutos, agitando ocasionalmente.
- ✓ Agregar 15 mL de solución al 10% de yoduro de potasio y 100 mL de agua destilada hervida.
- ✓ Valorar el yodo con la solución de tiosulfato de sodio hasta que el color amarillo de la solución desaparezca.
- ✓ Agregar unas gotas de la solución de indicador de almidón y se continua la valoración hasta desaparecer el color azul.
- ✓ Hacer la valoración de dos blancos.
- ✓ El indicador de yodo se calcula aplicando la siguiente ecuación:

$$I.I. = (V1-V2)/G * N*12.69$$

Donde:

V1: promedio de los volúmenes, en mL de la solución de tiosulfato empleados en las determinaciones del blanco.

V2: volumen en mL de la solución de tiosulfato empleado en la determinación sobre la muestra.

G: peso en gramos de la muestra.

N: normalidad de la solución de tiosulfato

**Determinación de los grados brix:** Se utilizo el refractómetro manual, y los datos se expresan como % de sólidos solubles o grados brix.

## PROCEDIMIENTO:

Se toma un mililitro de aceite de café y se coloca en la parte de muestreo del refractómetro, se busca la lectura en la pantalla y se lee a 27 grados centígrados.



Figura 7: Refractómetro METTLER TOLEDO Refracto 30P, escala de 0 a 85 °Brix.

**Densidad:** Se halla la densidad por medio del picnómetro, y es expresada en g/mL.

## PROCEDIMIENTO:

### CALIBRACION DEL PIGNOMETRO:

- ✓ Se toma el picnómetro respectivamente seco y se pesa.
- ✓ Se llena el picnómetro hasta el borde con agua destilada.
- ✓ Se mide la temperatura del agua y luego se pesa todo el conjunto.
- ✓ Se halla la densidad del agua y se compara en tabla según su temperatura.

#### DETERMINACION DE LA DENSIDAD DEL ACEITE:

- ✓ Se toma el picnómetro limpio y seco.
- ✓ Se llena hasta el borde con aceite y se tapa, hay que verificar que el picnómetro y la tapa quede lleno de aceite.
- ✓ Se pesa el conjunto.



Figura 8: Picnómetro cilíndrico

**Determinación del pH:** Se toma una pequeña muestra del aceite de café y se mide el pH con un potenciómetro manual de electrodo.

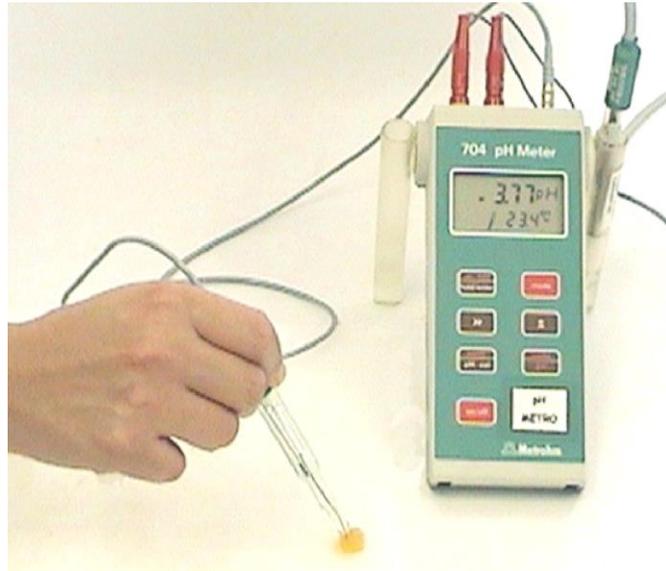


Figura 9: Potenciómetro con un electrodo de penetración

#### PROCEDIMIENTO:

- ✓ Se toma 3 mL de aceite y se agregan en un tubo de ensayo.
- ✓ Se toma el electrodo y se introduce en el tubo de ensayo.
- ✓ Se deja en contacto con el aceite y se espera a que el dato se estabilice en la pantalla.

**Extracción de la cafeína:** Se toma el café brocado, y se lleva a ebullición con agua destilada, luego se toma solamente la parte líquida, y los acetatos del café son precipitados con acetato de plomo. Posteriormente la cafeína es separada con cloroformo, este solvente es luego evaporado para así quedar la cafeína que es purificada con benceno y éter de petróleo.

#### PROCEDIMIENTO:

- ✓ Se pesan 100 gramos de café y se lleva a ebullición con 500 mL de agua destilada.
- ✓ Se filtra en caliente y se desechan los residuos.
- ✓ Al filtrado se le agregan 50 mL de acetato de plomo 0.5 N.
- ✓ Se filtra la solución hasta total nitidez.
- ✓ Al filtrado se le agregan 25 mL de cloroformo, se agita vigorosamente y se deja en reposo.
- ✓ Se extrae la fracción cloroformica y se le repite el procedimiento a la fracción acuosa por lo menos tres veces más.
- ✓ Se coloca la fase cloroformica a un rota evaporador y se separa el cloroformo, quedando así la cafeína impura.
- ✓ Se le agrega a la cafeína 0.2 mL de benceno y 0.5 mL de éter de petróleo y se deja en reposo. Quedando así la cafeína pura

Bibliografía de extracción de métodos analíticos

**Análisis de los Ácidos grasos por cromatografía de gases:** Para reconocer los Ácidos grasos que componen el aceite de café, se procede a metilar los Ácidos con una solución metanólica de hidróxido de potasio

#### PROCEDIMIENTO:

- Se toman 2 mL del aceite y se mezclan en tubo de ensayo con 5 mL de hexano.
- Se agita la mezcla durante 15 minutos y se le agrega una solución metanólica 1 M de hidróxido de sodio.
- Se calienta la y se agita durante 10 minutos.
- Se retira la parte sólida, quedando en el tubo de ensayo 2 fases.

- Se retira la fase orgánica y se filtra.
- La solución debidamente filtrada es la que se aplica al cromatógrafo.
- Se ajusta el cromatógrafo de gases con los siguientes parámetros:

- **Modo Scan** (Barrido)

Características: solvent delay 4 min (retardo de solvente)  
 Electro multiplicador 2094  
 Filamento 2  
 Rango de masas 50-550  
 trech 150 uma

- **Inyector:** back  
 Flujo: 1 mL/min  
 Presión: 7.68 psi  
 Velocidad lineal: 36.2 cm/s  
 Split flow: 20:1  
 5:1

- **Columna:** HP-5MS fenilmetilsiloxano

Longitud: 30 m  
 Diámetro: 0.25 mm  
 Relleno: 0.25  $\mu$ m  
 Gas portador: Helio °cromatográfico °5

- **Horno**

Temperatura: 180 °C/2min  
 Nivel 1: 10 °C/min hasta 280 °C/3min  
 Tiempo: 15 min

- **Detector :** Selectivo de masas

Temperatura: 280 °C

- **Tipo de inyección:** manual

Cantidad inyectada: 1  $\mu\text{L}$

Utilizando micro jeringa Agilent 1-10  $\mu\text{L}$ , no cónica.



Figura 10 : Cromatógrafo de gases marca Hewleet packard 5890 serie II  
acoplado a un detector de masas,

**Análisis de la cafeína por medio de cromatografía gaseosa:** Se prepara la muestra, adicionando al café para analizar, una cantidad de óxido de magnesio, Ésta mezcla es puesta en calentamiento y luego filtrada en filtro de 0.45 MICRAS Se realiza una curva de calibración en el cromatógrafo de gases, utilizando como patrón, cafeína pura. (SIGMA)

**PROCEDIMIENTO:**

- Pese 1 gramo de muestra de café en un erlenmeyer de vidrio de 250 mL.
- Adicione 5 gramos de óxido de magnesio.
- Adicione 100 mL de agua ultra pura y pese todo el conjunto.
- Caliente a 90° centígrados durante 5 minutos agitando periódicamente con una varilla de vidrio.
- Deje enfriar, adicione agua hasta recuperar la masa inicial y filtre la solución.
- Filtre con filtro de 0.45  $\mu$  e inyecte en un vial de 1 mL 20  $\mu$ L de muestra.
- Se ajustan los mismos parámetros que se utilizaron en el análisis del aceite.

**Análisis de proteínas:** se utilizó el método Kjeldhal ,y fue realizado en el laboratorio de alimentos del SENA:

**PROCEDIMIENTO:**

- ✓ Pesar 1 gramo de muestra en el papel filtro, envolverlo e introducirlo en el balón de kjeldhal.
- ✓ Añadir 0.5 gramos de catalizador de mercurio, adicionarle 25 mL de ácido sulfúrico concentrado por los bordes del balón con mucho cuidado.
- ✓ Coloque el balón de kjeldhal en la hornilla eléctrica para su ataque durante una hora y media aproximadamente, la finalización del ataque se observa por la presencia de una solución de color verde esmeralda limpio. Durante

la digestión, el balón de kjeldhal se va rotando periódicamente con la finalidad de que la combustión de la materia orgánica en la muestra sea homogénea.

- ✓ Dejar enfriar el producto obtenido y adicione 500 mL de agua destilada
- ✓ Añadir una pequeña cantidad de zinc e inmediatamente 50 mL de solución de soda al 50%.
- ✓ Añadir 50 mL de ácido bórico y de 3 a 4 gotas de indicador rojo de metilo.
- ✓ Colocar el balón de kjeldhal en el equipo de destilación.
- ✓ Destilar hasta obtener un volumen aproximado de 250 mL.
- ✓ Titular el contenido del balón con HCl 0.1 N hasta variación de color, en este caso va de amarillo a rojo.

**Análisis de humedad:** la humedad se determino, colocando una pequeña cantidad de café en la balanza para humedad.

**PROCEDIMIENTO:**

- Se toman 10 gramos de muestra de café molido y se colocan en la bandeja de la balanza.
- Se ajusta la balanza a una temperatura de 105 ° centígrados y se deja por un lapso de 30 minutos.
- Análisis por triplicado.



Figura 11: Balanza analítica marca Precisa Modelo 40SM – 200 A

**Análisis de las cenizas:** Se determino, colocando una cantidad de muestra en un crisol respectivamente tarado, se coloco el crisol en mufla a 500° centígrados durante 2 horas.

**PROCEDIMIENTO:**

- En un crisol previamente tarado, pesar 4 gramos de la muestra desecada a 105 ° C.
- Colocar el crisol en una mufla a una temperatura de 500° C. Durante 2 horas.
- Retirar el crisol de la mufla y colocarlo en un desecador durante 1 hora.
- Pesar las cenizas obtenidas y repetir la operación dos veces más.

**Elaboración de jabón a partir del aceite extraído del café brocado:**

Se utilizo la técnica de saponificación de los ácidos grasos para formar las sales de potasio o sodio según el caso:

#### PROCEDIMIENTO:

- ✓ Se pesan 50 gramos de aceite.
- ✓ Se calienta y se le agregan 100 mL de hidróxido de potasio 1M.
- ✓ Se calienta la mezcla hasta total saponificación, sin dejar que produzca mucha espuma.
- ✓ Después de la saponificación, se le agregan 10 mL de cloruro de sodio 0.5 M.
- ✓ Se filtra con bolsa de filtro y se pone a secar.

**Elaboración del alimento para ganado a partir de la torta de café y el pasto morera:** Después de una molienda apropiada del pasto morera fue mezclado con la torta de café para formar el alimento para ganado.

#### PROCEDIMIENTO:

- ✓ Se recolecta el pasto morera, fresco y sano.
- ✓ Se tritura el pasto.
- ✓ Se toma la torta de café resultante de la extracción del aceite.
- ✓ Se mezcla 100 gramos de pasto morera con 200 gramos de torta de café.
- ✓ Se le agregan 500 mL de agua destilada y se deja en reposo.
- ✓ Se seca y se determina el porcentaje de proteína

## 7. RESULTADOS Y ANALISIS

### 7.1. Extracción del aceite de café:

Después de dejar pasar el éter de petróleo sobre la muestra de café seco, se recogió un extracto de color amarillo, el cual se rota evaporó y se obtuvieron dos fases, en la primera se recoge el solvente utilizado para la extracción del aceite, y en la segunda se recoge el aceite de café libre de solvente.

El aceite de café es de aspecto viscoso y de color café oscuro, y presento un porcentaje de recuperación equivalente al 6.18% en base húmeda y al 18% en base seca, estos datos se realizaron con respecto al grano seco.



Figura 12: aceite de café

## 7.2. Determinación del índice de saponificación:

Entre mayor sea el índice de saponificación, mayor es la cantidad de Ácidos grasos presentes en el aceite, En química, se define el **índice de saponificación de una grasa**, como el número que indica la cantidad en miligramos de hidróxido potásico, necesaria para saponificar por completo un gramo de esa grasa en concreto. Los resultados obtenidos después de tres pruebas son :

<b>1 M</b>	<b>155.8560</b>
<b>2 M</b>	<b>156.1251</b>
<b>3 M</b>	<b>155.4562</b>

La media resultante del índice de saponificación fue de 155.81243

## 7.3. Determinación del índice de acidez:

El índice de acidez es la cantidad de base, expresada en mg de KOH, que se necesitan para neutralizar un gramo de grasa.

Tabla de resultados:

<b>1 M</b>	<b>0.3995</b>
<b>2 M</b>	<b>0.4229</b>
<b>3 M</b>	<b>0.4299</b>

La media resultante de los datos del índice de acidez fue de : 0.41743

#### **7.4. Determinación del índice de yodo:**

El índice de yodo mide el grado de insaturaciones que presenta los ácidos grasos presentes en el aceite, la tabla resultante fue:

<b>1 M</b>	<b>49.325</b>
<b>2 M</b>	<b>48.7895</b>
<b>3 M</b>	<b>49.115</b>

La media correspondiente al índice de yodo fue de 49.0765

Este dato considera que es un aceite semisecante.

#### **7.5. Determinación de los grados brix:**

Los grados brix, mide los sólidos solubles presentes en el aceite de café.

Grados brix del aceite de café: 75.3°

#### **7.6. Densidad:**

La densidad del aceite de café extraído fue de 0.926 a 24° centígrados

### 7.7. Determinación del pH:

El pH del aceite de café recogido fue de 4.57 a 21.1° centígrados.

### 7.8. Análisis de los ácidos grasos por cromatografía de gases:

Después de metilar los Ácidos grasos, la muestra fue inyectada en el cromatógrafo de gases marca Hewlett packard 5890 serie II acoplado a un detector de masas,

El análisis del cromatograma, nos muestra los picos de los Ácidos grasos eterificados que componen el aceite de café, además de estos, también nos muestra un pico correspondiente al fitoesterol del café:

La inyección de la muestra arrojo el siguiente cromatograma:

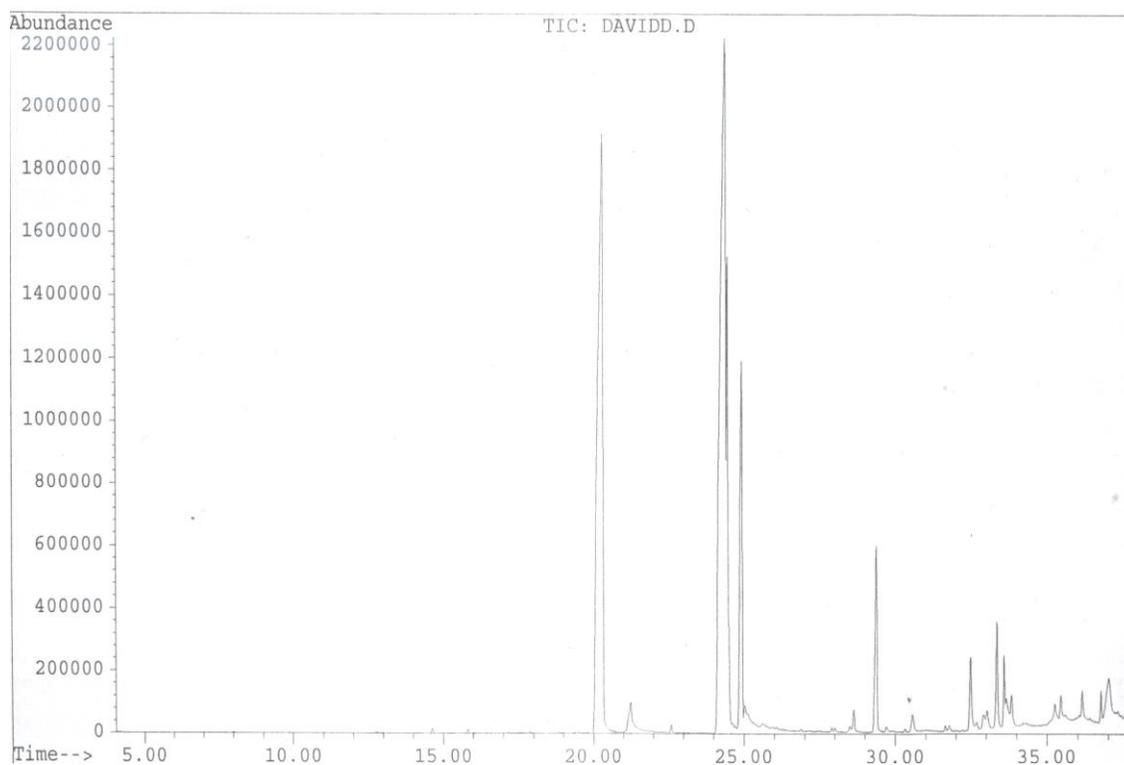
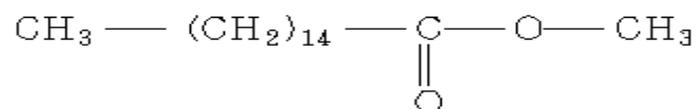


Figura 13: cromatograma del aceite de café

### METIL HEXADECANOICO:

Este ester, presenta un peso molecular de 270.5 g/mol, su formula molecular es  $C_{17}H_{34}O_2$ .

Su formula estructural es :

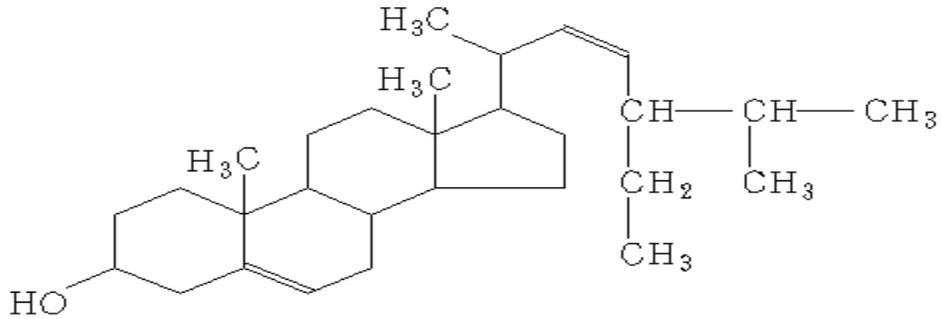


Como vimos anteriormente los Ácidos son eterificados, por tal razón este pico nos muestra la presencia del ácido hexadecanoico, o también conocido como ACIDO PALMITICO

### 24 ETIL-5,22-CHOLASTADIENO-3-BETA-OL

Este es el pico correspondiente al fitoesterol presente en el café, este fitoesterol, presenta un peso molecular de 412.7 g/mol, su formula molecular es  $C_{29}H_{48}O$ .

y su formula estructural es:

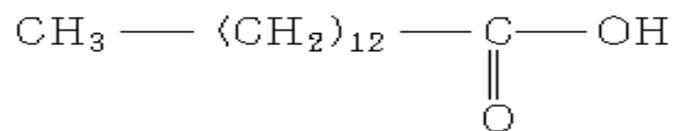


Este fitoesterol también es conocido como ESTIGMASTEROL

### ÁCIDO TETRADECANOICO:

Este ácido, presenta un peso molecular de 228.4 g/mol, su formula molecular es C<sub>14</sub>H<sub>28</sub>O<sub>2</sub>.

Su formula estructural es:



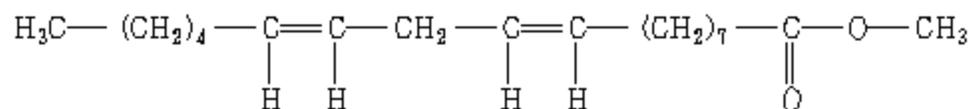
También es conocido como ACIDO MIRISTICO

### METIL-CIS 9,12-OCTADECANOATO

Viendo su nombre, podríamos decir que el Ester proviene del ácido cis 9,12 octadecanoico.

Su peso molecular es de 294.5 g/mol, su formula molecular es  $C_{19}H_{34}O_2$

Su formula estructural es:

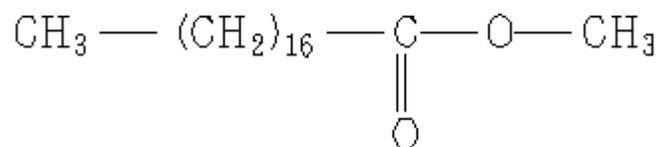


Este ácido también es conocido como ACIDO LINOLEICO

### METIL OCTADECANOATO

Ester proveniente del ácido octadecanoico, su peso molecular es 298.5 g/mol, su formula molecular es  $C_{19}H_{38}O_2$ .

Su formula estructural es :

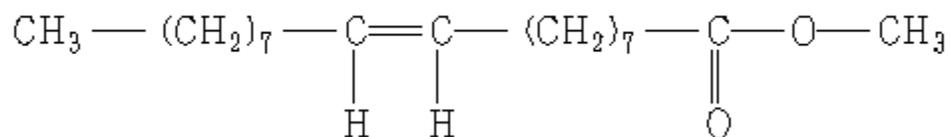


Este ácido también es conocido como ACIDO ESTEARICO.

#### METIL CIS 9 OCTADECENOATO:

Este Ester proviene del ácido cis 9 octadecenoico y presenta un peso molecular de 296.5 g/mol, su formula molecular es C<sub>19</sub>H<sub>36</sub>O<sub>2</sub>.

Su formula estructural es:

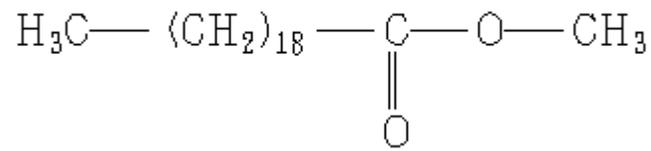


Este ácido también es conocido como ACIDO OLEICO.

#### METIL ICOSANOATO

Proveniente del ácido icosanoico, este Ester, presenta un peso molecular de 326.6 g/mol, su formula molecular es  $C_{21}H_{42}O_2$ .

Su formula estructural es.

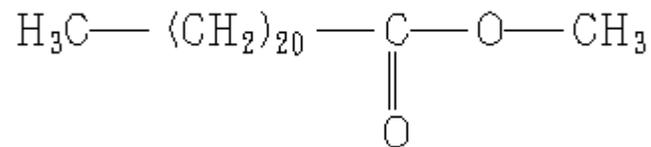


este estructura también es conocida como METIL ARAQUIDATO, proveniente del ÁCIDO ARAQUIDICO.

#### METIL DOCOSANOATO:

Ester proveniente del ácido docosanoico, de peso molecular 354.6 g/mol y formula molecular  $C_{23}H_{46}O_2$ .

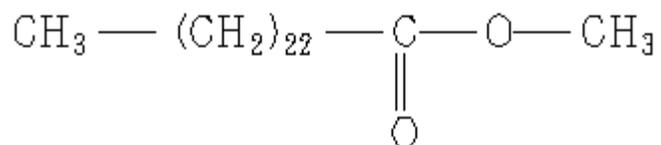
su formula estructural es:



## METIL TETRACOSANOATO

Derivado del ácido tetracosanoico, su peso molecular es 382.7 g/mol, su fórmula molecular es  $C_{25}H_{50}O_2$

Su fórmula estructural es :



El ácido tetracosanoico, también es conocido como ÁCIDO LIGNOCERICO

### **7.9. Extracción de la cafeína del café brocado:**

El método de extracción utilizado resultó ser muy eficaz, ya que el porcentaje de recuperación de la cafeína fue del 96%, y se obtuvo un 0.90% de cafeína.



Figura 14: Cafeína extraída

Estos datos son corroborados por el siguiente cromatograma:

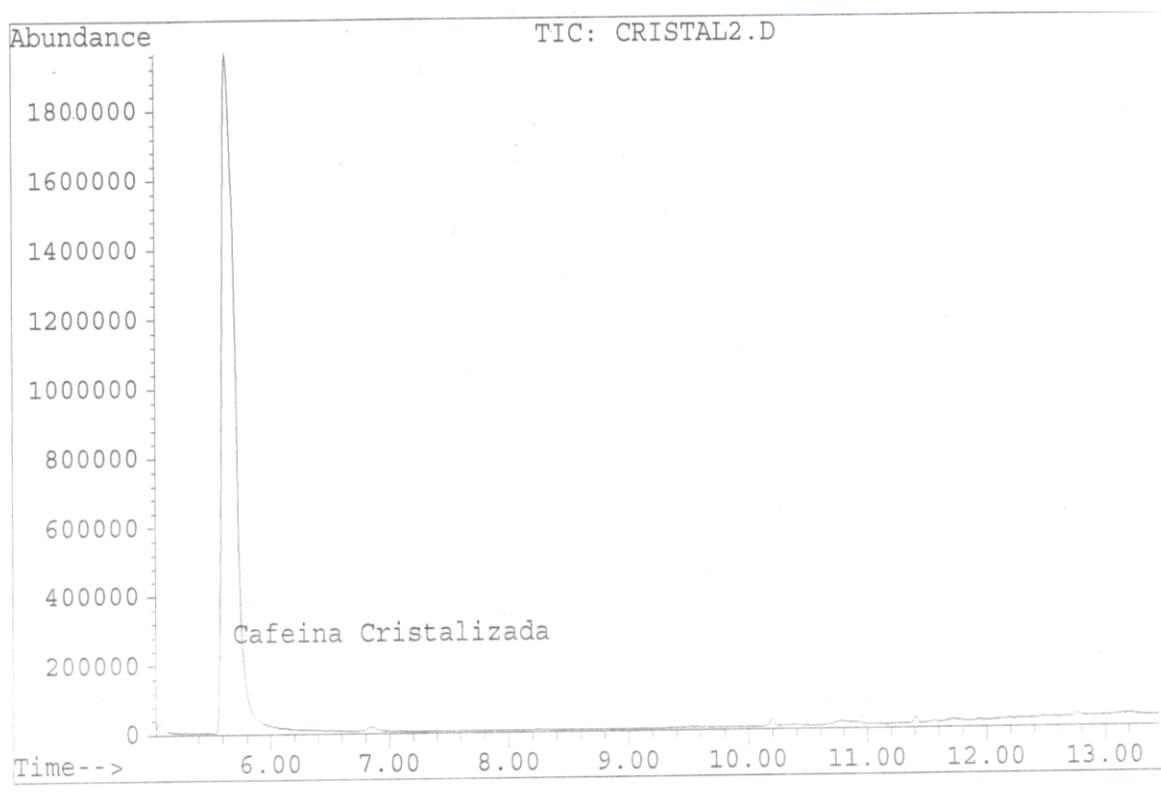


Figura 15: Cromato grama de la cafeína extraída

### 7.10. Análisis de la cafeína por medio de cromatografía gaseosa:

Después de preparar la muestra, Se inyecta en el cromatógrafo de gases marca Hewlett packard 5890 serie II acoplado a un detector de masas.

Este análisis mostró el siguiente cromatograma:

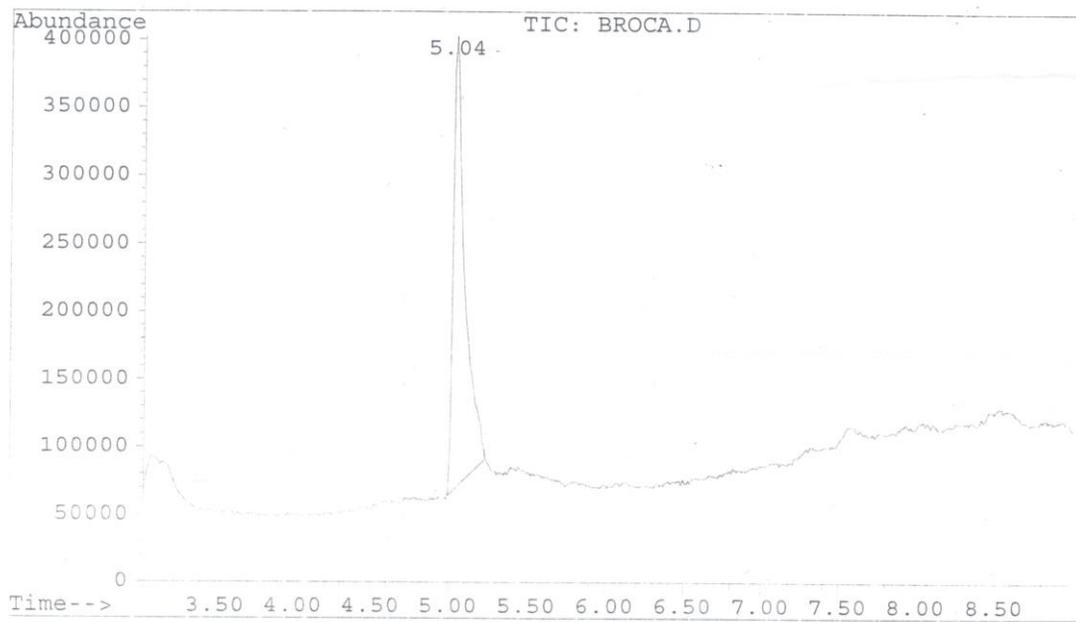


figura 16: Cromato grama del % de cafeína

Utilizando como base la curva de calibración elaborada de la siguiente forma:

se prepararon soluciones de patrón primario de cafeína con las siguientes concentraciones: 50 ppm, 100 ppm, 200 ppm, 300 ppm, 400 ppm y 500 ppm.

Se inyectó cada solución en cromatógrafo de gases en orden de menor a mayor donde se determinan los parámetros de linealidad corroborados por el coeficiente de desviación estándar:

La curva de calibración resultante para el análisis de la cafeína fue:

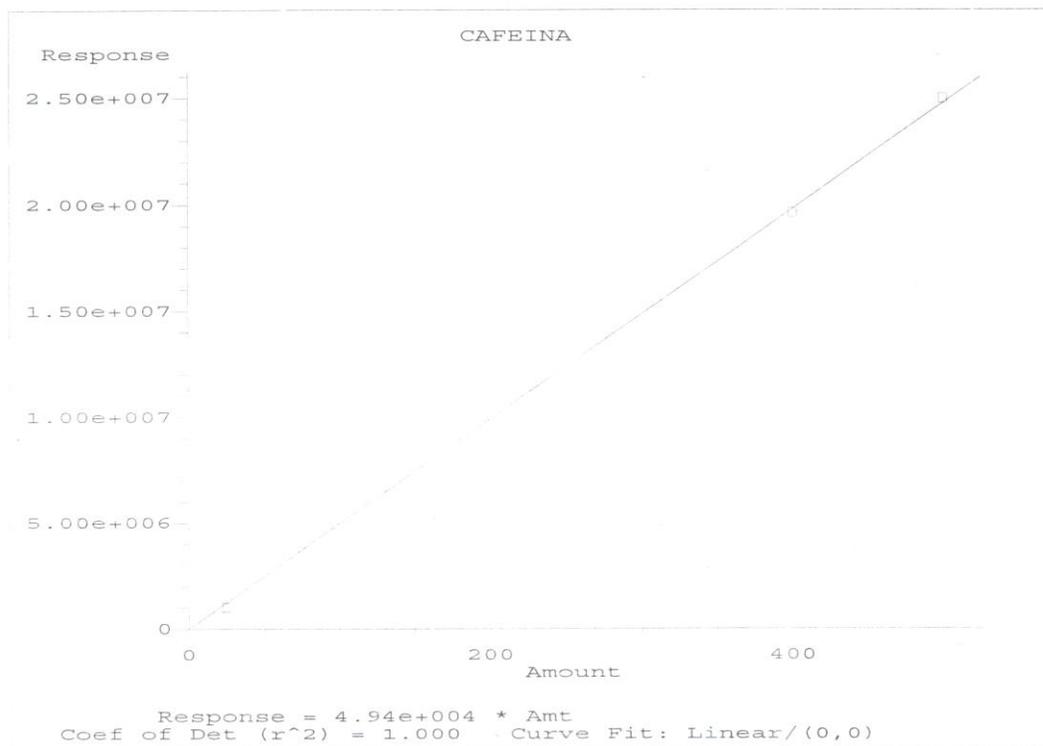


Figura 17: Curva de calibración para la determinación de la cafeína

Porcentaje de cafeína en café normal	1%
Porcentaje de cafeína en café brocado	0.96%

### **7.11. Análisis de proteínas:**

Para elaborar este análisis, la muestra fue enviada al laboratorio de alimentos del SENA de la ciudad de Armenia, en donde aplicaron el método aprobado por el manual de normas técnicas del invima conocido como método de kjeldhal.

Este análisis arrojó los siguientes resultados:

Porcentaje de proteína en café normal	11.50%
Porcentaje de proteína en café brocado	11.00%

Este dato es poco menor a lo indicado, en la tabla de composición nutricional del café, esto puede ser que el cultivo y la tierra no favorecen a la producción de proteína, además los datos entre el café normal y el brocado no muestra gran diferencia, por lo cual podemos decir que la broca no afecta en la producción de proteína en el café.

### **7.12. Porcentaje de humedad:**

Después de realizar una secado de la muestra de café brocado y normal en una microbalanza electrónica, doble rango, marca precisa modelo 40sm – 200°, a una temperatura inicial de 23° centígrados y una final de 105° centígrados y un tiempo estimado de 30 minutos, los resultados fueron los siguientes:

Porcentaje de humedad en base seca del café normal	89.05%
Porcentaje de humedad en base húmeda del café normal	10.95%
Porcentaje de humedad en base seca del café brocado	87.89%
Porcentaje de humedad en base húmeda del café brocado	12.10%

### **7.13. Porcentaje de cenizas:**

después de determinar el porcentaje de humedad, se toma la misma muestra seca, se pesa y se colocan en los crisoles debidamente tarados, esta es puesta en la mufla durante 2 horas a una temperatura de 500° centígrados, luego de ser retirada la muestra de la mufla y enfriada, se pesa de nuevo, presentando los siguientes resultados:

Porcentaje de cenizas en café normal	6.5%
Porcentaje de cenizas en café brocado	7.3%.

### **7.14. Elaboración de alimento para ganado a partir del pasto morera y la torta de café:**

Este preparado, resulto tener muy buenas condiciones, para la alimentación de ganado, ya que presento la siguiente información después de un análisis minucioso:

% de proteína: 24.56%.

### **7.15. Elaboración de jabón a partir del aceite extraído:**

el jabón seco fácilmente y presenta una textura suave y manejable, además, presenta ácidos grasos esenciales, lo cual hace de él un jabón nutricional para la piel.



Figura 18: Jabón elaborado con aceite de café

## 8. CONCLUSIONES

- ✓ Por sus propiedades químicas, el aceite de café es semi-secante, lo que lo hace apto para el consumo humano.
  
- ✓ El aceite es una materia prima con mucho potencial en la industria farmacéutica, ya que contienen Ácidos grasos como el palmitico, laurico y miryistico, que son de mucha importancia en la fabricación de cosméticos. Además su porcentaje en el café brocado es del 18%.
  
- ✓ La extracción del aceite de café es un medio de aprovechamiento del café brocado, ya que su empleo en la industria de alimentos y farmacéutica puede ser de mucha importancia.
  
- ✓ El café brocado, para ser mas precisos la especie *cofea arábiga* presenta un porcentaje de cafeína del 0.96%.
  
- ✓ el método de extracción de la cafeína utilizado, presento un porcentaje de recuperación del 96%. Estos datos son muy excelentes y nos permite concluir que la extracción de la cafeína del café brocado desechado, podría ser una muy buena alternativa en el aprovechamiento de este café, ya que la cafeína ocupa un lugar muy importante en la industria de alimentos y farmacéutica.
  
- ✓ El jabón fabricado a partir de solo aceite de café, solidifico fácilmente debido a su composición química en Ácidos grasos.

- ✓ El jabón cumple con las normas técnicas del icontec para su utilización en general.
  
- ✓ La mezcla de estos dos productos es una buena alternativa en la alimentación del ganado, ya que estos dos complementan los requisitos esenciales para el crecimiento y engorde de estos tipos de animales.
  
- ✓ La torta de café presenta ácidos grasos esenciales como el linoleico y el araquídico que son de gran necesidad para el buen desarrollo de las funciones motrices del animal.

## 10. BIBLIOGRAFIA

- ✓ Raúl A. Murillo, Erasmo Pérez Nieto, Jesús A. Linares\* y Numa C. Román G. 1979. Pag. 165-171 AGRONOMIA TROPICAL, 29(2)
  
- ✓ Ing. Manuel Marco Méndez FUDECO N° 27 Noviembre de 1981, posibilidades reales de utilización o tratamiento de los desechos del beneficiado e industrialización del café en Venezuela.
  
- ✓ REVISTA CENICAFE 11(9), año 1960. Pag. 251-258
  
- ✓ REVISTA CENICAFE 24 (1), año 1973. Pag. 3 –29
  
- ✓ Carisano and L. Gariboldi, 15(9), año 1964. Pag. 619 – 622  
REVISTA JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE,
  
- ✓ ARTICULO: UNITED STATES PATENT, Stabilization of purified coffee,  
Biblioteca Centro Nacional de Investigacion de Café.
  
- ✓ ARTICULO: UNITED STATES PATENT, Obtention and use of coffee oil,  
Biblioteca Centro Nacional de Investigacion de Café.

- ✓ Internet, [www.monografias.com/Historia/Index.shtml](http://www.monografias.com/Historia/Index.shtml)
  
- ✓ Carlos Alfredo Vargas “EL CAFÉ Y SUS ASPECTOS BOTÁNICOS” edit. Colombia.1996
  
- ✓ Instituto nacional de nutrición, TABLA DE COMPOSICIÓN DE ALIMENTOS COLOMBIANOS, tercera edición,1987
  
- ✓ Internet: [www.ica.gov.co/Normatividad/normas/Archivos/1995R2581.pdf](http://www.ica.gov.co/Normatividad/normas/Archivos/1995R2581.pdf)
  
- ✓ Federación nacional de cafeteros de Colombia, CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES DE CAFÉ “Pedro Uribe Mejía” cenicafe octubre 1997 “caracterización de café tostado a partir de café perforado por la broca”

