



Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

**APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LA CRISALIDA DE GUSANO DE  
SEDA  
(BOMB YX MORI LINN) HIBRIDO PILAMO 1**

**Presentado por:**

**CARLOS ANDRES MESA SOTO**

**CESAR AUGUSTO MILLAN TAMAYO**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA  
ESCUELA DE TECNOLOGIA QUIMICA  
Pereira, Noviembre de 2008**



**APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LA CRISALIDA DE GUSANO DE  
SEDA  
(BOMB YX MORI LINN) HIBRIDO PILAMO 1**

**Presentado por:**

**CARLOS ANDRES MESA SOTO  
CESAR AUGUSTO MILLAN TAMAYO**

**Director:**

**GLORIA EDITH GERRERO**

**UNIVERSIDAD TECNOLOGICA DE PEREIRA  
FACULTAD DE TECNOLOGIA  
ESCUELA DE TECNOLOGIA QUIMICA  
Pereira, Noviembre de 2008**

## TABLA DE CONTENIDOS.

	<b>Pag</b>
<b>INDICE DE TABLAS.</b>	<b>I</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN.</b>	<b>III</b>
<b>1. JUSTIFICACION.</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.</b>	<b>4</b>
2.1. OBJETIVO GENERAL.	4
2.2. OBJETIVO ESPECIFICO.	4
<b>3. ANTECEDENTES.</b>	<b>5</b>
<b>4. MARCO TEORICO.</b>	<b>11</b>
4.1. GUSANO DE SEDA	11
4.1.1. HISTORIA.	11
4.1.2. APLICACIONES.	12
4.1.3. DEFINICION.	13
4.1.4. CICLO BIOLOGICO.	14
4.2. METODOS FISICOS Y QUIMICOS DE ANALISIS.	15
4.2.1. DENSIDAD.	15
4.2.2. INDICE DE REF RACCION.	15
4.2.3. INDICE DE ACIDEZ .	16
4.2.5. INDICE DE YODO.	17
4.2.6. INDICE DE PEROXIDOS.	17
4.2.7. CROMATOGRAFIA DE GASES.	17
4.3. ANALISIS NUTRICIONAL DE LA TORTA.	19
4.3.1. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE PROTEINA.	19
4.3.2. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE CENIZAS.	19
4.3.3. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE FIBRA.	19
4.3.4. DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD.	20
<b>5. PARTE EXPERIMENTAL.</b>	<b>21</b>
5.1. MUESTRA DE ANALISIS.	21
5.2. EXTRACCION DEL ACEITE DE CRISALIDA.	21
5.3. ANALISIS FISICOS DEL ACEITE.	21

5.3.1. DENSIDAD.	22
5.3.2. INDICE DE REFRACCION.	22
5.4. ANALISIS QUIMICOS DEL AC EITE.	22
5.4.1. INDICE DE ACIDEZ .	22
5.4.2. INDICE DE SAPONIF ICACION.	22
5.4.3. INDICE DE YODO.	22
5.4.4. INDICE DE PEROXIDOS.	23
5.5. SEGUIMIENTO O DE LA ESTABILIDAD DEL ACEITE.	23
5.6. ANALISIS NUT RICIAL DE LA T ORTA.	23
5.6.1. DET ERMINACION DEL CONT ENIDO DE HUME DAD.	23
5.6.2. DET ERMINACION DEL CONT ENIDO DE PROTE INA.	23
5.6.3. DET ERMINACION DEL CONT ENIDO DE CENIZAS.	24
5.6.4. DET ERMINACION DEL CONT ENIDO DE FIBRA.	24
5.7. CARACTERIZACION QUIMICA DEL AC EITE.	24
5.7.1. DERIVADOS MET ILADOS.	24
5.7.2. CONDICIONES CROMAT OGRAFICAS.	24
5.7.3. SCAN.	25
5.7.4. PROGRAMACION DE LA T EMPERATURA DEL HORNO.	25
5.7.5. RAMPA DE CAL ENTAMIENTO DEL HORNO.	26
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.</b>	<b>27</b>
6.1. DESCRIPCION DEL CAPULLO Y LA CR ISALIDA.	27
6.2. DETERMINACION DEL CONT ENIDO DE HUMEDAD.	28
6.3. EXTRACCION POR EL MET ODO SOXHLET.	29
6.3.1. DESCRIPCION DEL ACEIT E.	29
6.4. ANALISIS F ISICOS Y QUIMICOS DEL A CEITE FRESCO.	29
6.4.1. ANALISIS F ISICOS.	30
6.4.1.1. DENSIDAD.	30
6.4.1.2. INDICE DE REF RACCION.	31
6.4.2. ANALISIS QUIMICOS.	31
6.4.2.1. INDICE DE PEROXIDOS.	33
6.4.2.2. INDICE DE ACIDEZ .	33
6.4.2.3. INDICE DE SAPONOF ICACION.	34
6.4.2.4. INDICE DE YODO.	34
6.5. ANALISIS NUT RICIAL DE LA T ORTA.	34
6.5.1. DET ERMINACION DE CENIZAS.	36
6.5.2. DET ERMINACION DE F IBRA.	36
6.5.3. DET ERMINACION DE PROT EINAS.	36
6.6 CARACTERIZACION QUIMICA DEL AC EITE.	37
6.6.1. ANALISIS DE MUE STRA REAL.	39
6.7. DISCUSION GENERAL.	41



**PDF**  
Complete

*Your complimentary  
use period has ended.  
Thank you for using  
PDF Complete.*

[Click Here to upgrade to  
Unlimited Pages and Expanded Features](#)

CONCLUSIONES.  
BIBLIOGRAFIA.

43  
44

## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pag</b>
<b>TABLA 1.</b> Duración del ciclo biológico.	14
<b>TABLA 2.</b> Programación del horno para el método de impacto electrónico (IE)	25
<b>TABLA 3.</b> Contenido de humedad en la crisálida.	28
<b>TABLA 4.</b> Contenido de crisálida obtenido de la extracción. Por soxhlet.	29
<b>TABLA 5.</b> Determinación de la densidad.	30
<b>TABLA 6.</b> Determinación del índice de refracción.	30
<b>TABLA 7.</b> Determinación de peróxidos.	31
<b>TABLA 8.</b> Determinación del Índice de Acidez.	32
<b>TABLA 9.</b> Determinación del Índice de Saponificación.	32
<b>TABLA 10.</b> Determinación del Índice de Yodo.	33
<b>TABLA 11.</b> Determinación de Cenizas.	34
<b>TABLA 12.</b> Determinación del contenido de fibra.	35
<b>TABLA 13.</b> Determinación del Contenido de Proteína.	35
<b>TABLA 14.</b> Compuestos que se Identificaron del Estándar.	38
<b>TABLA15.</b> Porcentaje de ácidos grasos en la muestra real. (Aceite de crisálida).	40
<b>TABLA 16.</b> Resultados de algunas tesis sobre el estudio de la crisálida.	42

## LISTA DE FIGURAS.

	<b>Pag</b>
<b>FIGURA 1.</b> Gusano de seda .	13
<b>FIGURA 2.</b> Esquema Cromatógrafo de Gases.	18
<b>FIGURA 3.</b> Programación del horno para el método de impacto Electrónico (IE).	26
<b>FIGURA 4.</b> Capullo de la crisálida ( <i>Bómbyx Morí Linn</i> ) híbrido pilamo 1.	27
<b>FIGURA 5.</b> Crisálida ( <i>Bómbyx Morí Linn</i> ) híbrido pilamo 1.	27
<b>FIGURA 6.</b> Sistema de aire seco caliente.	28
<b>FIGURA 7.</b> Cromatógrama del estándar comercial de mezcla de metilesteres de ácidos grasos marca RESTEK, con código de catálogo 35078 .	37
<b>FIGURA 8.</b> Cromatógrama total de iones del aceite de crisálida de gusano de Seda previamente esterificado.	39

## RESUMEN

En el presente trabajo se utilizaron crisálidas frescas del gusano de seda *Bombyx Mori Linn*, híbrido pilamo 1, obtenidas en el departamento del valle del Cauca en el municipio de Guadalajara de Buga, Para la extracción y caracterización fisicoquímica y nutricional del aceite.

A los capullos del gusano de seda se les extrajo la crisálida y posteriormente se realizó un proceso de selección y secado con aire seco para evitar las pérdidas de aceite durante el proceso.

El aceite fue obtenido de las crisálidas secas por el método soxhlet, utilizando hexano como solvente. En la extracción se obtuvo un rendimiento del 43.03 %; Al aceite se le realizaron pruebas físicas: Índice de refracción y Densidad, las pruebas químicas: Índice de acidez, Índice de peróxidos, Índice de yodo e Índice de saponificación.

Se estudió la composición de los ácidos grasos al derivado de ésteres metilados del aceite donde según los resultados obtenidos en las diferentes pruebas se pudo observar que el aceite no sufrió ningún tipo de degradación oxidativa y presentó niveles intermedios de índice de acidez y que está constituido principalmente por ácidos grasos como el oleico 43.7 % y el palmítico 26.3 % los cuales están en porcentajes más elevados, y se realizó la composición nutricional de la torta: (humedad, cenizas, proteínas, fibra y grasa).

Según estos estudios se obtuvo que el aceite de crisálida *Bombyx Mori Linn*, híbrido pilamo 1 y la torta de la crisálida cumplen con las normas permitidas para el aprovechamiento en la industria cosmética y alimentaria respectivamente.

## JUSTIFICACION

En Colombia el gusano de seda fue introducido, gracias al doctor Manuel Vicente de la Roche, distinguido medico de este país, el cual aclimato la morera y el gusano de seda asiático para Colombia, desde entonces en el país comenzó la producción de seda. Para mejorar la producción se usó la hibridación la cual es el mejor método de mejoramiento para obtener la variedad comercial del gusano de seda; se realiza por cruzamiento de más de dos razas parentales que posean características deseadas y acompañado por la selección de individuos que posean los caracteres de interés, <sup>(1)</sup>.

El gobierno Colombiano en los años 90, a través del plan nacional de rehabilitación PNR, firmó un convenio con el gobierno Coreano para producir y comercializar el gusano de seda. Desde entonces la investigación, producción y comercialización del gusano de seda en Colombia, quedó a cargo del centro de desarrollo tecnológico de la sericultura, CDTs. Este es el único en Colombia que cuenta con banco de germoplasma de gusano de seda para su producción. Abastece de semillas de morera y los huevos de híbridos de bombyx morí a los productores de Colombia y otros países, <sup>(2)</sup>. Por dificultades económicas el CDTs entro en liquidación (Los cinco Corporados del CDTs decidieron liquidar el Centro de Desarrollo Tecnológico de la Sericultura. Por estatutos del CDTs, en la liquidación los activos y remanentes del proceso pasaron a manos de la Universidad Tecnológica de Pereira). En consideración a que para la sociedad es necesaria la permanencia del Banco de Germoplasma para el mantenimiento de las razas puras del gusano de seda y que un importante número de cultivadores requieren el suministro de huevos a la cadena productiva de la seda en Colombia y otros países, pero además porque para la Universidad es una oportunidad para desarrollar investigación en áreas afines además de representar un gran potencial de comercialización de productos y servicios. La Universidad Tecnológica de Pereira, con el respaldo de la red Andina de la Seda asumió esta responsabilidad, por medio de un convenio

entre la UTP y la Red Andina de la Seda reiniciándose de esta manera la producción de híbridos en Colombia, <sup>(3)</sup>.

En Colombia por lo menos 30 municipios, entre los que se destacan, Belén de Umbría, Anserma y Rió Sucio en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y norte del Valle del Cauca, dejaron de ser zona del eje cafetero para constituirse en la zona serícola de Colombia, debido a las 400 mil hectáreas de tierra sembradas con el gusano de seda en esta región, <sup>(2)</sup>.

Además, mas de 200 campesinos y sus familias de las regiones de Caldas, Risaralda, Cauca y Valle están vinculados a la producción del gusano de seda por tal razón se debe buscar nuevas alternativas y aplicaciones para el sector serícola y su sostenibilidad, <sup>(4)</sup>.

En la actualidad en la Universidad Tecnológica de Pereira se han realizado algunos estudios en dichas aplicaciones obteniendo los siguientes resultados, como:

Aprovechamiento de la crisálida (*Bombyx morí Linn*) procedente del proceso de obtención de seda, para la obtención de aceites y sus derivados. Esta investigación se realizo con el fin de obtener aceite de crisálida del gusano de seda *Bombyx morí Linn*, híbrido pilamo 1 y caracterizarlo mediante algunos parámetros físicos y químicos, sin embargo se encontró que el aceite se deterioraba con el tiempo, <sup>(5)</sup>. Se continuó con el estudio y se realizo el Análisis microbiológico del aceite crudo de la crisálida de desecho del proceso de obtención de seda. Esta investigación se realizo con el fin de analizar microbiológicamente el aceite crudo de gusano de seda y de determinar su potencial en la industria cosmética, concluyendo que no cumple con los parámetros establecidos, <sup>(6)</sup>.

Se realizo el estudio usando crisálida de gusano seda (*Bombyx morí Linn*) híbrido pilamo 1 de capullos dobles. Esta investigación se realizo con el

objetivo de evaluarla como materia prima para la obtención del aceite de uso cosmético procedente de capullos dobles de *Bombyx morí Linn*, híbrido pilamo 1, encontrando que presentaba problemas por el tiempo de almacenamiento mostrando un deterioro físico-químico en el tiempo, <sup>(7)</sup>.

Posteriormente se realizaron los estudios con dos razas puras, la raza china (CHS x CLS) y la raza japonesa (K05 x k30) con el objetivo de evaluar estas crisálidas recién sacrificadas como materia prima para la obtención del aceite, encontrándose buenos resultados en su calidad y estabilidad. Sin embargo el problema es que no son razas comerciales debido a que su producción esta limitada a una vez al año, <sup>(8,9)</sup>.

Continuando con la investigación de materias primas a partir de *Bombyx morí Linn* para el sector cosmético se plantea el presente proyecto para hacer el estudio sobre el aprovechamiento integral de la crisálida del gusano de seda híbrido pilamo 1, como la materia prima comercial mas adecuada para la obtención del aceite de potencial uso cosmético así como el análisis de la torta resultante con posibles usos alimenticios.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar un estudio de la crisálida del gusano de seda híbrido pilamo 1 para su aprovechamiento integral.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Extraer y caracterizar fisicoquímicamente el aceite de crisálida recién sacrificada del híbrido pilamo 1. Con el fin de evaluar su uso potencial en la industria cosmética.
- Caracterizar nutricionalmente la torta de crisálida obtenida del proceso de extracción del aceite para plantear un posible aprovechamiento de esta en la industria alimentaría.

### 3. ANTECEDENTES

La producción de seda a nivel mundial abarca únicamente el 0.2% de la industria textil, sin embargo, la seda representa un comercio millonario, llegando a costos por encima de los del algodón, <sup>(10)</sup>.

A nivel mundial se producen dos tipos de seda naturales (las provenientes del Bombyx morí, que se alimenta de morera y la de otros insectos salvajes que se alimentan de otras plantas). La seda de morera representa casi el 90 de la seda que se consume en el mundo, <sup>(11)</sup>.

La sericultura en el mundo se ha venido desarrollando principalmente en los países tales como Japón, Brasil y Tailandia. Sin embargo también se presenta una producción de capullos de seda en Italia y España, representando una parte mínima de la producción terrícola mundial. En el continente Africano se destaca la producción de Zambia y Uganda y en Latinoamérica, se conoce que la mayor producción la tiene Brasil y en menor proporción Colombia, <sup>(12)</sup>.

En Colombia, frente a la pasada crisis cafetera, el desarrollo de la industria serícola se ha convertido en una alternativa complementaria de cultivo para pequeños y medianos caficultores, <sup>(13)</sup>. La situación de Colombia es privilegiada para el desarrollo y cría del gusano de seda, principalmente en la zona cafetera, en donde se realizan de 8 a 10 crías al año con producciones entre 1800 y 2000 Kilogramos de capullo por hectárea/año, la cual ubica a Colombia entre los países de mayor productividad gracias a que se puede criar gusanos de seda durante todo el año, <sup>(14)</sup>. Aun así dentro del país se han realizado pocas investigaciones para mejorar la industria serícola dejando a un lado este importante sector del cual dependen muchas familias Colombianas. Entre las investigaciones realizadas tenemos:

La variabilidad genética de las líneas no comerciales del gusano de seda en la Universidad del Cauca, donde mediante poliformismo de longitud de fragmentos amplificados se hacen las caracterizaciones.

En la Universidad de Antioquia (Medellín) se Realizo el Proyecto de Identificación de Marcadores Moleculares AFPLS asociados con caracteres de productividad en gusano de seda, *Bombyx mori* (*Lepidoptera: Bombycidae*) con el objetivo de mejorar la producción del gusano de seda.

En la universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (U.D.C.A) Bogota se desarrollo la Técnica de Extracción de ADN a partir de la glándula de seda del gusano de seda *Bombyx mori* (*Lepidoptera: Bombycidae*) con el objetivo de establecer un protocolo para la extracción de ADN de buena calidad y cantidad, hallándose que La cantidad y calidad del ADN encontrado en la parte posterior de la glándula de seda en larvas de cinco días del último instar larval fue el mejor, por lo cual, es un tejido adecuado para los procesos de extracción de ADN relacionados con el análisis molecular de componentes de productividad.

En la universidad de Caldas, facultada de ciencias Ambientales, departamento de Fitotecnia se realizo la investigación del Efecto de la Altura sobre el Nivel del Mar en la cría del gusano de seda (*Bombyx mori* L.) En la cuenca del Río Risaralda. Obteniendo como resultado que las temperaturas originadas en cada una de las altitudes (alta, media, baja) evaluadas tienen un efecto directo en los procesos digestivos del *Bombyx mori*, favoreciendo el porcentaje de digestión a temperaturas bajas (21.4 °C). Pero en general la cría del gusano puede llevarse a cabo en esas altitudes sin mayor efecto adverso en el potencial de producción, mucho más si se tiene en cuenta que la humedad relativa estuvo en los rangos adecuados, si n afectar directamente la sanidad de las crías.

En el mundo actualmente la industria de la seda se encuentra en una evolución muy fuerte. La producción de capullos e hilo de seda en el 2003 sigue todavía

creciendo, como resultado del continuo aumento de la producción en china y también en India.

Para el 2004 se dio una gran producción, que confirmo una situación de gran abundancia y oferta de materia prima. A pesar del continuo y fuerte aumento de consumos internos en china.

También para este año se reunió el comité de referentes donde se hizo una presentación de fondo de investigaciones de la red andina de la seda y se dieron pautas para definir prioridades y mecanismos de aprobación de los proyectos; donde se presentaron tres universidades con sus respectivos proyectos, fueron ellas: Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno de santa Cruz Bolivia; Universidad Agraria La Molina de Lima, Perú y la Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia donde solo fueron aprobados dos de los tres proyectos presentados relacionados con la instalación del centro modelo de producción de huevos híbridos de gusano de seda, *Bombyx morí* L en la universidad de la Molina y la conservación y mantenimiento de la colección de materiales de gusano de seda (*Bombyx morí* L) del CDTS, Colombia, con fines productivos y de investigación, <sup>(11)</sup>.

En el 2005 la red andina apoyo la producción de híbridos de gusanos de seda en Colombia, con el proyecto de la UTP se contribuyo al desarrollo integral y autónomo de cada uno de los eslabones de las cadenas productivas de la sericultura que se adelantan en la región andina garantizando la conservación y el mantenimiento de 52 líneas puras de gusano de seda (29 japonesas, 23 chinas) que se conservan como colección de materiales de gusano de seda en el CDTS, Pereira

Como complemento en esta actividad se firmo el convenio Marco de la Red Andina de la Seda con la UTP donde acordaron una cooperación de intercambio de conocimientos adquiridos al desarrollar actividades

institucionales, adelantar proyectos de investigaciones científicas bilaterales y multilaterales en apoyo al desarrollo de la cadena productiva de la sericultura en Colombia, <sup>(12)</sup>.

Con el objetivo de fortalecer el proceso productivo de la sericultura en el Valle del Cauca, el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA) centro agropecuario de Buga Valle, adecuo una estación regional de sericultura, en donde se realizaran los procesos de investigación, cría de gusano joven y transferencia de tecnología; con base en este objetivo y buscando darle autonomía a la actividad serícola en el Valle, se fue realizando durante todo el primer semestre del 2005, el proceso de incubación y cría del gusano joven gracias a la colaboración directa de la Red Andina de la Seda, quien dono a la alianza productiva de la sericultura en el valle (integrada por la fundación progr esemos, El SENA, la secretaria de agricultura del Valle y la cámara de comercio de Palmira) huevos híbridos italianos provenientes de la estación experimental de Padova en Italia. Este híbrido ha presentado un buen comportamiento en los países Andinos en donde se viene realizando el proceso de cría comercial, <sup>(12)</sup>.

En este mismo año la gobernación del valle del cauca y la Secretaria de vivienda de este departamento realizaron un convenio con la FUNDACION PROGRESEMOS, donde se beneficiaron 19 sericultores, recibiendo insumos y capacitación para el establecimiento del cultivo de morera y manejo del gusano de seda, certificando sus productos con el Sello Verde.

Dentro de este mismo departamento la Universidad Nacional de Colombia lleva a cabo el proyecto ~~M~~Mejoramiento de la cadena de la Sericultura en el Valle del Cauca+con el cual quiere generar un aporte desde el punto de vista del diseño, tanto en la objetualidad que hay en el proceso de extracción del hilo del gusano de seda, hasta el desarrollo de producto usando como materia prima la seda. Aportando a la disciplina del diseño industrial de la cadena serícola.

A nivel regional se tiene que la sericultura es una importante alternativa de sostenimiento para campesinos con pequeñas parcelas de tierra y minifundios (75% de los predios de Risaralda) en donde se incorpora su mano de obra y la de su familia para el desarrollo del cultivo. El Departamento exporta gusano de seda y material reproductivo desarrollado en el Centro Tecnológico de la sericultura con amplio reconocimiento Internacional. En la planta de Cokosilk, existía una capacidad instalada teórica para el procesamiento industrial de seda cruda de 120 ton/año trabajando sólo un turno. Las artesanías en seda producidas en Risaralda, son reconocidas nacional e internacionalmente por su alto valor estético y calidad. La producción de prendas artesanales de seda fomenta la asociatividad de pequeños artesanos y tiene un alto componente de género femenino cabezas de hogar.

Para apoyar a la comunidad sericultora se realizan cuatro funciones importantes: investigación, transferencia de tecnología, promoción de la actividad y capacitación de sericultores. Para realizar estas funciones el CDTS busco la cooperación de entidades como CENICAFE, CORPOICA y la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), entre otras, las cuales han facilitado sus instalaciones para desarrollar proyectos encaminados para mejorar la producción de seda en Colombia y el departamento, haciendo que esta pueda ser más competitiva,<sup>(9)(10)</sup>.

En la Universidad Tecnológica de Pereira se han venido realizando investigaciones de los subproductos del gusano de seda con el grupo de oleoquímica, grupo de investigación el cual ha desarrollado varias tesis en este campo, anteriormente nombradas, estudiando la crisálida y el gusano de seda y las proteínas que se desprenden del lavado de la crisálida en el proceso de obtención de la seda apoyados por CENICAFE y el CDTS,<sup>(10)</sup>. Dentro de la misma universidad y a cargo del Centro de Biología Molecular y Biotecnología (CENBIOTEP) se realizó el proyecto de la expresión de la albúmina humana mediante la transformación genética de gusano de seda *Bombyx morí Linn.*

Con el uso del elemento transponible piggyBac, ya que el gusano de seda *Bombyx mori* L. está siendo usado actualmente como posible productor de proteínas recombinantes pues este posee varias características que lo convierten en un organismo de elección para ser usado como organismo productor de proteínas.

Para revivir la producción de seda en el departamento de Risaralda se ha desarrollado un proyecto muy importante el cual busca llevar la producción de seda desde el punto inicial (cultivo de gusano por parte de los campesinos) hasta su parte final (producción de la prenda por parte de los artesanos). Este proyecto se lleva a cabo de la mano de jóvenes pereiranos impulsados por un empresario antioqueño que le gusto mucho el proyecto y dio la iniciativa económica para llevarlo a cabo, con la condición que los dineros se canalizaran a través de la Fundación Vida y Futuro. Este proyecto ha tenido buenos resultados y ha despertado grandes sentimientos como los de Inés Evelia Tonosco, una artesana de Guática (Risaralda) que le ha dedicado buena parte de su vida a tejer la seda en telar. "Cuando María Luisa Ortiz salió a la pasarela en Medellín con mis telas, sentí una alegría muy grande -dice-. Creo que con todo esto de Milán puede haber una gran esperanza para mi pueblo". Y no es la única que tiene esperanza en que esto se vuelva una empresa muy grande porque de la seda colombiana vive mucha gente, <sup>(9)(10)</sup>.

Continuando con las investigaciones sobre el gusano de seda se realizo el presente proyecto con el fin de hacer un estudio de la crisálida de gusano de seda (hibrido pilamo 1) para su aprovechamiento integral.

## 4. MARCO TEORICO

### 4.1 Gusano de seda

#### 4.1.1 Historia

El descubrimiento de la seda de la especie *Bombyx morí*, ocurrió cerca del 2700 AC. Según la tradición china, la novia del emperador Huang Ti, una chica de 14 años llamada Hsi Ling Shi, invento la primera bobina de seda. La sericultura, el cultivo de gusano de seda, se extendió atraes de china, convirtiendo la seda en un articulo muy apreciado que mas adelante querrían conseguir otros países. En el año 139 a.C. se abrió la mayor ruta mundial de comercio, que abarco desde el este de China hasta el mar Mediterráneo, recibió el nombre de "carretera de la seda", debido al articulo que mas comercio generaba. En el año 30 d.C. el secreto de la producción de seda había llegado ya a la india y Japón, <sup>(15)</sup>.

La fabricación de seda lleo eventualmente a Europa y América. Durante los siglos XVIII y XIX los europeos produjeron diversos avances en la producción de la seda.

En Colombia el gusano de seda fue introducido por el doctor Manuel Vicente de la Roche. En la actualidad existen tres zonas productoras de tejido de seda en Colombia: la zona Cafetera y los departamentos del Cauca y Valle. En cada una de ellas existen productores de capullo y artesanos de la seda que procesan y producen sus propios productos, <sup>(1)</sup>.

La hibridación es el mejor método de mejoramiento para la variedad comercial del gusano de seda, por cruzamiento de mas de dos razas parentales que tienen algunos excelentes caracteres y acompañado por la selección de los caracteres de interés. Los híbridos del gusano de seda han hecho que la

producción sea más estable y la cría en épocas desfavorables como verano y otoño sea normalizada a nivel de producción comercial. En Colombia se ha aplicado la hibridación para el desarrollo de la sericultura realizando varios ensayos de capacidad combinatoria entre razas japonesas y chinas, considerando mas de 20 caracteres en los que se incluyen fecundidad, porcentaje de nacimientos de huevos, duración larval, mortalidad, tensión, forma, color, peso de la cáscara, resistencia contra mala nutrición y varias enfermedades entre otros, dieron origen a un nuevo híbrido 305 X LH (Pilamo 1), cruce doble de (K30 X K05) X (CLS X CHS) mostrando un incremento del 10% en el ingreso bruto de los sericultores, debido al mayor peso del capullo con mayor puntos de compra. El porcentaje de seda cruda fue 5 % indicando que este híbrido es beneficioso tanto para los sericultores como para la industria de procesamiento. Fue aprobado como nuevo híbrido comercial para la sericultura de Colombia y comercializado en el año de 1997.

#### **4.1.2 Aplicaciones**

Además del uso textil, el gusano de seda posee otras aplicaciones como biomaterial en la alimentación humana, animal y uso cosmético.

A nivel medicinal el gusano de seda presenta una excelente alternativa para el control de la diabetes, a si mismo a partir de una enzima que produce en su intestino y posteriormente procesado a través de la fermentación es usado par a pacientes con arterias coronarias obstruidas, previniendo los ataques al corazón y también para remover las placas que se encuentran en las arterias ya que se reducen los coágulos formados, <sup>(16)</sup>.

La pulpa del gusano seca, es consumida normalmente en países como alimento para humanos y vendida en los supermercados en forma enlatada como cualquier otro producto debido a sus buenas cantidades de humedad,

quitina, proteína soluble en agua, aminoácidos, minerales como (potasio, flúor) y vitamina c, <sup>(17)</sup>.

Los países europeos vienen vinculando a muchos productos cosméticos, como lociones, cremas y polvos una proteína globular (sericina) derivada del capullo de seda que puede reemplazar el colágeno para mantener y promover la retención de la humedad de la epidermis, <sup>(18)</sup>.

#### 4.1.3 Definición

El gusano de seda *Bombyx Mori* es un insecto de la familia *Bombycidae*, orden lepidóptero, el orden más grande en la clase insecta, que se alimenta de hojas de morera y hace un capullo de seda en el cual se transforma en crisálida y después en mariposa. Todas las razas criadas hasta hoy han sido derivadas de un gusano silvestre *Bombyx Mandarina* perteneciente al mismo género. <sup>(19)</sup>

**Figura 1.** Gusano de seda



#### 4.1.4 Ciclo biológico

El ciclo evolutivo del gusano de seda dura aproximadamente, 60 días y comprende nacimiento, desarrollo de la larva, capullaje (metamorfosis), salida del capullo (mariposas), acoplamiento, puesta de huevos y muerte. De acuerdo con la cantidad de ciclos evolutivos cumplidos a lo largo del año, estos insectos se clasifican en diferentes tipos de razas o grupos biológicos. Los monovoltinos son los tipos raciales que cumplen anualmente un único ciclo completo. Cumplida la vida activa de la mariposa, los huevos puestos por ella entran en un período de hibernación natural de alrededor de 300 días. Los bivoltinos son las razas que completan dos vueltas o ciclos evolutivos al año (en dos generaciones). Los huevos puestos en el primer ciclo nacen a los 10 días y los colocados por estos últimos entran en receso durante los 235 días restantes, <sup>(20)</sup>.

Por último, están los polivoltinos que son todos aquellos que completan más de dos ciclos en el año.

**Tabla 1. Duración del ciclo biológico**

Día	Duración en días	Etapas
0	7	Nacimiento de larvas y comienzo del estado 1 <sup>o</sup>
7	1	Sueño y primera muda de piel
8	5	Estadio 2 <sup>o</sup>
13	1	Sueño y segunda muda de piel
14	6-7	Estadio 3 <sup>o</sup>
20	1	Sueño y tercera muda de piel
21	6	Estadio 4 <sup>o</sup>
27	2	Sueño y cuarta muda de piel
29	8-12	Estadio 5 <sup>o</sup>
37-42	3	Inicio de capullaje
40-45		Fin de capullaje
45-50		Cosecha de los capullos

## 4.2 Métodos físicos y químicos de análisis

Para dar inicio al análisis del gusano de seda, realizamos la extracción del aceite por medio de un equipo soxhlet, siendo este un sistema de calentamiento el cual aumenta la temperatura del solvente contenido en el balón y con el tiempo lo vaporiza, este al condensarse cae sobre la materia prima contenida en un dedal en la parte central del sistema, el solvente con las sustancias extraídas harán reflujos y de esta forma variará la concentración de grasa extraída hasta llegar a un momento en el cual la materia prima no contenga grasa, <sup>(21)</sup>.

### 4.2.1 Densidad

Esta es una constante que no varía mucho para un aceite determinado cuando está puro y fresco, pero es afectado por la edad, rancidez y cualquier tratamiento especial que se le haga al aceite. La determinación experimental se efectúa con frecuencia por medio de recipientes de vidrio de diferentes volúmenes, contruidos especialmente para este fin, llamados picnómetros, <sup>(22)</sup>.

### 4.2.2 Índice de Refracción

El índice de refracción es otra constante útil para la identificación de un compuesto orgánico. Esta característica está relacionada con la propiedad que tiene un rayo de luz de cambiar su velocidad a través de diferentes medios. A la temperatura que se acostumbra reportar son 25 grados Celsius en el caso de aceites. Si la lectura está a una temperatura superior o inferior debe corregirse, recordando que el índice de refracción aumenta a medida que disminuye la temperatura. El gran valor del índice de refracción como constante analítica, estriba en la facilidad de tomarse y en que se necesita muy poca muestra, <sup>(23)</sup>.

Las lecturas hechas a otras temperaturas se corrigen mediante la siguiente formula:

$$n = n' + f (t' - t)$$

Donde;

n: índice de refracción calculado para la temperatura t.

n': índice de refracción leída a la temperatura t'.

f: 0.000385 para aceites

#### 4.2.3 Índice de Acidez.

Se entiende por índice de acidez o valor ácido, los miligramos de KOH necesarios para saturar los ácidos grasos libres contenidos en gramo de muestra. El resultado de la titulación con álcali en presencia de fenolftaleína se puede expresar también como porcentaje de ácido oleico, <sup>(24)</sup>.

#### 4.2.4 Índice de Saponificación.

Representa el número de miligramos de KOH necesarios para saponificar un gramo de aceite o grasa. Si los triglicéridos contienen ácidos grasos de bajo peso molecular, el número de moléculas presentes en un gramo de muestra será mayor que si los ácidos poseen pesos moleculares más altos, por lo tanto los aceites con menor peso molecular de ácidos grasos presentaran índice de saponificación mayor. En otras palabras constituye una medida del peso molecular medio de los triglicéridos constituyentes, <sup>(25)</sup>.

Para su determinación se saponifica completamente una muestra exactamente pesada, empleando un volumen conocido en exceso de solución alcohólica de KOH aproximadamente 0.5N, valorando luego dicho exceso de solución alcalina con HCL 0.5N.

#### **4.2.5 Índice de Yodo.**

Se define como el número de gramos de yodo absorbidos por 100 gramos de aceite o grasa. Constituye una medida del grado de insaturación (numero de dobles enlaces), es un valor constante para un aceite o grasa particular. Esta determinación es quizás el mejor método para clasificar los aceites en secantes, semisecantes y no secantes, <sup>(26)</sup>.

#### **4.2.6 Índice de Peróxidos.**

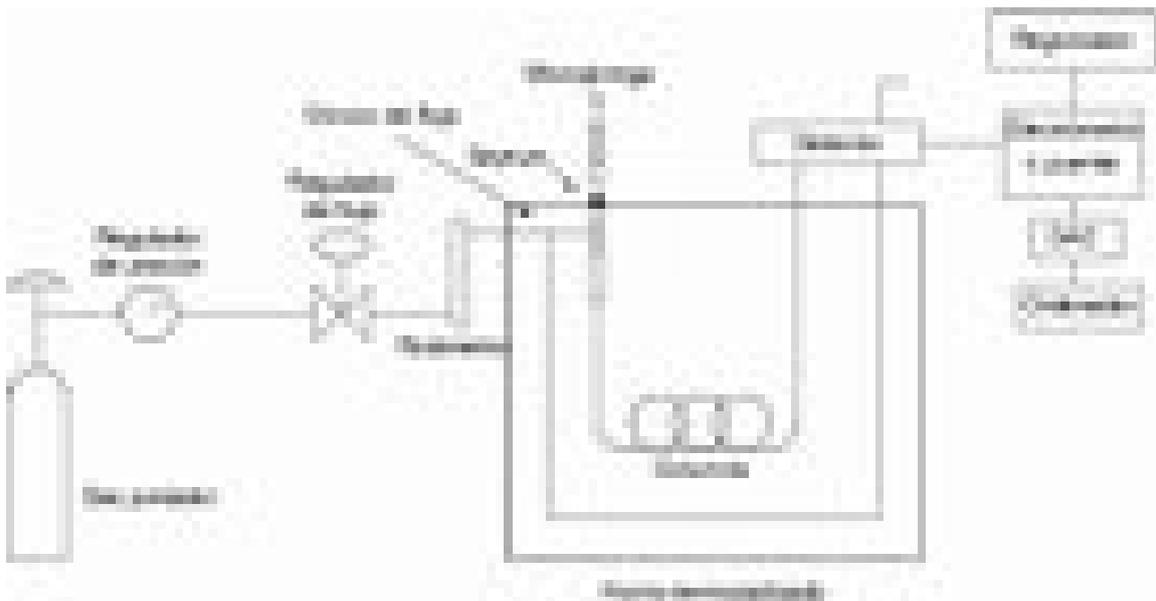
Esta prueba es empleada para cuantificar la alteración del aceite causada por el enranciamiento, en el cual se determinan todas las sustancias presentes que oxidan al yoduro de potasio bajo las condiciones del método. Este valor se expresa en miliequivalentes por Kilogramo por muestra y es aplicable a todas las sustancias grasas, <sup>(27)</sup>. Este método es empírico y cualquier variación en el procedimiento afecta los resultados.

#### **4.2.7 Cromatografía de Gases.**

La cromatografía de gases tiene dos importantes campos de aplicación. Por una parte su capacidad para separar mezclas orgánicas complejas, compuestos órgano metálicos y sistemas bioquímicos. Su otra aplicación es como método para determinar cualitativa y cuantitativamente los componentes de la muestra. Para el análisis cualitativo se suele emplear el tiempo de retención, que es único para cada compuesto dadas unas condiciones determinadas (mismo gas portador, rampa de temperatura y flujo), o el volumen de retención y un previo uso de patrones certificados. 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, <sup>(28)</sup>.

La cromatografía de gases se lleva a cabo en un cromatógrafo de gases. Este 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.** Esquema Cromatógrafo de Gases.



### **4.3 Análisis nutricional de la torta.**

#### **4.3.1 Determinación del Contenido de Proteína.**

El método Kjeldahl es el más confiable para determinar el contenido de proteínas en la torta del gusano de seda determinando la concentración de nitrógeno presente en la muestra para luego ser transformado a través de un factor en proteína, basándose en la destrucción de la materia orgánica con ácido sulfúrico concentrado, formándose sulfato de amonio que en exceso de hidróxido de sodio, libera amoníaco, el cual se destila recibiendo en ácido sulfúrico donde se forma sulfato de amonio y el exceso de ácido es valorado con hidróxido de sodio en presencia de rojo de metilo o ácido bórico formándose borato de amonio el que se valora con ácido clorhídrico, <sup>(29)</sup>.

#### **4.3.2 Determinación del Contenido de Cenizas.**

Para esta determinación se utiliza el método de incineración directa, en una mufla a 500 grados celcius donde al eliminar por calcinación la materia orgánica presente, se obtiene por diferencia de pesadas el contenido de sustancias minerales en la muestra analizada, <sup>(30)</sup>.

#### **4.3.3 Determinación del Contenido de Fibra.**

Se determina el contenido de fibra en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinando el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente, <sup>(31)</sup>.



#### **4.3.4 Determinación del Contenido de Humedad.**

El análisis del contenido de humedad es un control de calidad utilizado con frecuencia para materias primas, procesos de fabricación y salida de mercancías. Ya que la humedad es un factor muy importante para establecer parámetros de almacenamiento y conservación.

El método se basa en el secado de una muestra en un horno y su determinación por diferencia de peso entre el material seco y húmedo, <sup>(32)</sup>.

## 5. PARTE EXPERIMENTAL

### 5.1 Muestras de Análisis.

Como materia prima empleada para los análisis fue crisálidas frescas del gusano de seda (*Bombyx Mori Linn*) híbrido pilamo 1, procedentes de una finca serícola de la zona rural del municipio de Guadalajara de Buga en el departamento del valle del cauca.

Las crisálidas fueron transportadas en bolsas negras para detener el crecimiento de la crisálida, hasta llegar a la universidad tecnológica de Pereira donde se realizó el sacrificio por medio de la estufa, donde se introdujo los capullos a una temperatura de 100 grados celcius durante 24 horas y luego se empleo un sistema para secar las crisálidas a una temperatura de 60 grados aproximadamente las cuales fueron empacadas en bolsas herméticas y guardadas en la nevera, para realizar próximos análisis a la crisálida fresca y seca.

### 5.2 Extracción del Aceite de crisálida

Se realizaron las respectivas extracciones por triplicado empleando la técnica de extracción soxhlet, utilizando 35 gramos de muestra fresca y seca, extrayendo con 350 ml de hexano (relación 1:10) por 4 horas. El extracto se concentro en el rotavaporador para facilitar la separación de hexano y aceite. El aceite se guardo en un frasco ámbar protegido de la luz a temperatura ambiente para sus posteriores análisis, <sup>(33)</sup>.

### 5.3 Análisis Físicos del Aceite.

Se realizaron los diferentes análisis físicos por triplicado y en las mismas condiciones.

### **5.3.1 Densidad.**

Se determino según Norma ICONTEC 336 en picnómetro y se expreso en g/ml a temperatura ambiente, <sup>(22)</sup>.

### **5.3.2 Índice de Refracción.**

Se determino según norma ICONTEC 289, por medio de un refractómetro de tipo Fisher Abbe 3L a una temperatura de 25 grados centígrados aproximadamente, <sup>(23)</sup>.

## **5.4 Análisis Químicos del Aceite.**

A las muestras de aceite se le realizaron los siguientes análisis por triplicado y en las mismas condiciones.

### **5.4.1 Índice de Acidez.**

Se determino según norma ICONTEC 218, expresando los resultados como porcentajes de ácido oleico y acido laurico, <sup>(24)</sup>.

### **5.4.2 Índice de Saponificación.**

Se realizo según norma ICONTEC 335, reportando los resultados en miligramos de KOH requeridos para saponificar un gramo de aceite, <sup>(25)</sup>.

### **5.4.3 Índice de Yodo.**

Este parámetro se determino según norma ICONTEC 283, reportando los resultados en gramos de yodo por 100 gramos de muestra, <sup>(26)</sup>.

#### **5.4.4 Índice de Peróxidos.**

Este análisis se realizó siguiendo la metodología descrita en la norma ICONTEC 236, reportando los resultados en mili equivalentes de oxígeno activo por kilogramo de grasa, <sup>(27)</sup>.

#### **5.5 Seguimiento de la Estabilidad del Aceite.**

Este seguimiento se realizó mediante las pruebas químicas de índice de peróxidos y de acidez en periodos de 15 días durante 90 días.

#### **5.6 Análisis Nutricional de la Torta.**

Se realizaron los análisis por triplicado y en las mismas condiciones para mayor confiabilidad de los resultados.

##### **5.6.1 Determinación del Contenido de Humedad.**

Se determina según la metodología propuesta en la Norma ICONTEC 770-3, expresando los resultados en porcentaje de humedad (perdida por desecación), <sup>(32)</sup>.

##### **5.6.2 Determinación del Contenido de Proteína.**

Se determina según la metodología propuesta en la Norma ICONTEC 770-3, expresando los resultados como proteínas totales basados en el porcentaje de nitrógeno, <sup>(29)</sup>.

### **5.6.3 Determinación del Contenido de Cenizas.**

Se determina según la metodología propuesta en la Norma ICONTEC 770-3, expresando los resultados en porcentaje de cenizas, <sup>(30)</sup>.

### **5.6.4 Determinación del Contenido de Fibra.**

Se determina según la metodología propuesta en la Norma ICONTEC 770-3, expresando los resultados en porcentaje de fibra cruda, <sup>(31)</sup>.

## **5.7 Caracterización Química del Aceite.**

### **5.7.1 Derivados Metilados.**

El análisis de ácidos grasos se llevo acabo mediante la extracción y cuantificación de sus metil esterres por cromatografía de gases de alta resolución. Para preparar los ácidos grasos metil esterres se partió de concentraciones y de químicos ya aprobados para realizar este análisis, <sup>(33)</sup>.

### **5.7.2 Condiciones Cromatograficas.**

Las siguientes condiciones corresponden al método estandarizado en trabajos ya realizados, <sup>(33)</sup>.

El análisis cromatográfico se realizó en un cromatógrafo de gases acoplado a espectrometría de masas marca Shimadzu GC-MS QP-2010. Sistema equipado con auto inyector AOC-20i, auto muestreador AOC-20s, inyección Split-splitless, modo de ionización EI/SCI/NCI y un sistema de inserción directa controlado por un software GCMS solution. Con una columna de 30 m de largo, 0,25 mm DI, 0,25  $\mu$ m de partícula Rtx-CLPesticides Restek. Base de datos de espectros de masas Wiley, 7° edición, 2003.

### 5.7.3 Scan.

Se realizó un scan (análisis total de iones) tanto por impacto electrónico (IE) como por ionización química positiva (IQ), para el patrón de concentración más alta, el cual era de 500 ppm de mezcla de metilesteres; con el objetivo de realizar la identificación de los compuestos que eluyeron, debido a que las condiciones del cromatógrafo, columna y detector cambiaron con respecto a como fue analizado el estándar para el certificado de análisis, <sup>(33)</sup>.

Las condiciones para el scan por IE fueron las siguientes:

Temperatura del inyector: 250 °C

Modo de inyección: Split

Volumen de inyección: 2 µL

Razón de split: 4

Presión: 73,7 kPa

Flujo total: 6,0 mL/min

Flujo en la columna: 1,0 mL/min

Velocidad lineal del gas: 37,2 cm/seg

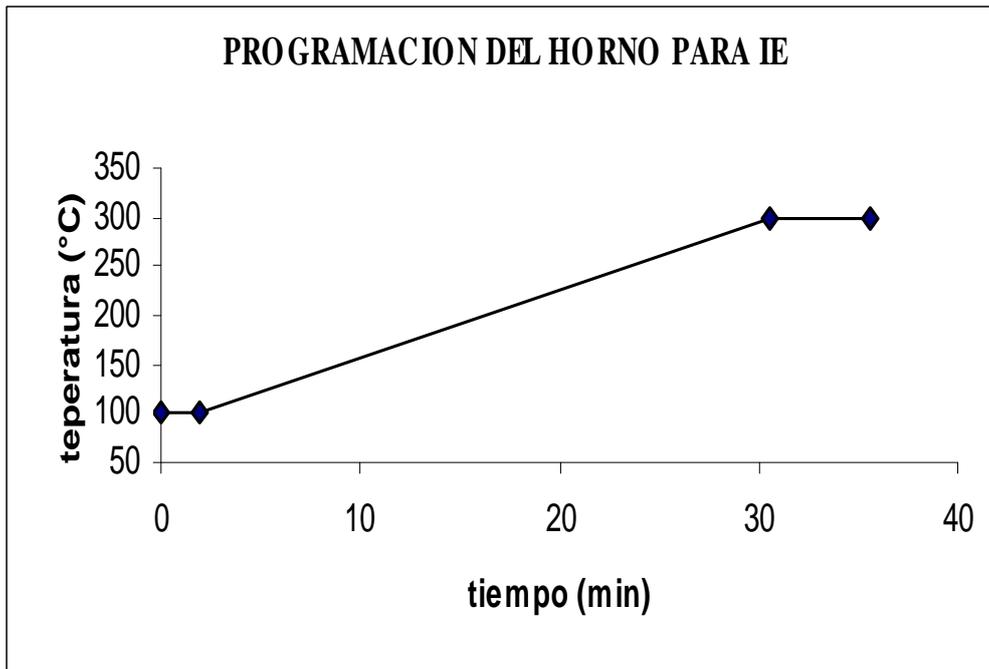
### 5.7.4 Programación de la temperatura del horno.

**Tabla 2.** Programación del horno para el método de impacto electrónico (IE).

RAZÓN DE CALENTAMIENTO (°C/min)	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO DE ESPERA (min.)
--	100	2
7	300	5

### 5.7.5 La rampa de calentamiento del horno del cromatógrafo de gases

**Figura 3.** Programación del horno para el método de impacto electrónico (IE).



Temperatura de la fuente de iones: 260 °C

Temperatura de la interfase: 280 °C

Ganancia del detector: 1,00 kV

Tiempo de corte del solvente: 2,00 min.

Para el espectrómetro de masas

Tiempo de inicio: 3 min.

Tiempo final: 35 min.

Modo ACQ: scan

Velocidad del scan: 1000

$m/z$  Inicial: 30,00

$m/z$  Final: 500,00

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Descripción del Capullo y la Crisálida.

Los capullos de crisálidas (*Bómbyx Mori Linn*) híbrido pilamo 1, procedentes de la finca serícola de la zona rural del municipio de Guadalajara de Buga en el departamento del valle del cauca, presenta una forma muy elíptica y con cintura poco apretada pero de muy dura textura y de color blanco.

**Figura 4.** Capullo de la crisálida (*Bómbyx Mori Linn*) híbrido pilamo 1.



**Figura 5.** Crisálida (*Bómbyx Mori Linn*) híbrido pilamo 1.

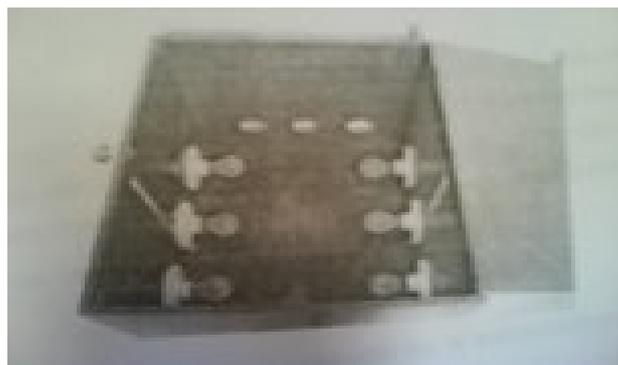


Se observó que esta crisálida es de forma ovalada, un poco alargada y de color primeramente amarillento claro y luego tiende a tomar un color muy oscuro.

## 6.2 Determinación del Contenido de Humedad.

Se determinó el porcentaje de humedad de las crisálidas frescas (*bómbyx mori linn*) hibrido pilamo 1por medio de diferencia de peso. En un sistema donde la temperatura de secado aproximada fue de 60 grados celcius durante 7 horas (Figura 5). Los datos obtenidos variaron entre 64.5% y 64.8% (Tabla 2), con una mínima desviación estándar lo cual indica que no hubo una gran dispersión en los datos experimentales y que el método de análisis empleado es reproducible, <sup>(32)</sup>.

**Figura 6.** Sistema de aire seco caliente



**Tabla 3.** Contenido de humedad en la crisálida.

Ensayo No	Contenido de humedad (%)
1	64,5
2	65,2
3	64,8
<b>Promedio</b>	64,83
<b>Desv. Estándar</b>	0,35

### 6.3 Extracción por el Método Soxhlet.

Se partió de 863.26 gramos de crisálida donde el contenido total del aceite oscilo entre 42.8% y 43.3% con una pequeña desviación estándar de 0,25, lo cual indica que los datos obtenidos son reproducibles y que la técnica es confiable (Tabla 4).

**Tabla 4.** Contenido de crisálida obtenido de la extracción por soxhlet.

Ensayo No	Contenido del aceite en base seca (%)
1	42,8
2	43,3
3	43,1
<b>Promedio</b>	43,03
<b>Desv. Estándar</b>	0,25

#### 6.3.1 Descripción del Aceite

Presento un color originalmente amarillo claro y no presento cuerpos extraños o partículas en suspensión.

### 6.4 Análisis físicos y químicos del Aceite Fresco.

Los diferentes análisis realizados al aceite de crisálida (*Bómbyx Mori Linn*) hibrido pilamo 1, están registrados en las siguientes tablas, <sup>(34)</sup>.

### 6.4.1 Análisis Físicos.

**Tabla 5.** Determinación de la densidad.

Ensayo No	Densidad (g/ml)
1	0,9138
2	0,9112
3	0,9129
<b>Promedio</b>	0,9126
<b>Desv. Estándar</b>	0,0013

**Tabla 6.** Determinación del índice de refracción.

Ensayo No	Índice de Refracción a 25 °C
1	1,4670
2	1,4685
3	1,4685
<b>Promedio</b>	1,4680
<b>Desv. Estándar</b>	0,0009

#### 6.4.1.1 Densidad.

Como se aprecia en la tabla 5 el aceite de crisálida (*bómbyx morí linn*) híbrido pilamo 1, presento valores de densidad entre 0.9138 . 0.9129 g/ml, con una mínima desviación estándar y con un valor promedio de 0.9126 g/ml .

Ver (tabla 5)

En comparación con los datos reportados para el aceite de palmiste (semilla de la palma africana), de uso cosmético, se encontró mayor similitud debido a que su densidad es de 0.900 g/ml, a 25 grados celcius.

#### 6.4.1.2 Índice de Refracción.

El aceite de crisálida (*Bómbyx Mori Linn*) hibrido pilamo 1, presento valores de índice de refracción, que oscilaron entre 1.4670 . 1.4685, con una desviación estándar mínima y un valor promedio de 1.4680, ver (tabla 6).

Al comparar este valor con los aceites de uso cosmético y alimenticio, como el de palmiste, ajonjolí, oliva, se encontró gran similitud.

#### 6.4.2 Análisis Químicos.

**Tabla 7.** Determinación de peróxidos

ENSAYO	Índice de peróxidos (Meq/Kg)
1 día	0,0
30 días	0,0
60 días	0,0

**Tabla 8.** Determinación del Índice de Acidez.

Fecha: 17 de Abril de 2007		Fecha: 2 de Mayo de 2007		Fecha: 17 de Mayo de 2007	
Ensayo	Índice Acidez	Ensayo	Índice Acidez	Ensayo	Índice Acidez
1	2,78	1	3,26	1	3,21
2	2,79	2	3,1	2	3,15
3	2,80	3	3,21	3	3,00
<b>Promedio</b>	2,79	<b>Promedio</b>	3,19	<b>Promedio</b>	3,12
<b>Desv. Estándar</b>	0,01	<b>Desv. Estándar</b>	0,082	<b>Desv. Estándar</b>	0,1082
Fecha: 1 de Junio de 2007		Fecha: 15 de Junio de 2007		Fecha: 29 de Junio de 2007	
Ensayo	Índice Acidez	Ensayo	Índice Acidez	Ensayo	Índice Acidez
1	3,12	1	3,20	1	3,15
2	3,15	2	3,18	2	3,14
3	3,21	3	3,1	3	3,16
<b>Promedio</b>	3,16	<b>Promedio</b>	3,16	<b>Promedio</b>	3,15
<b>Desv. Estándar</b>	0,046	<b>Desv. Estándar</b>	0,053	<b>Desv. Estándar</b>	0,01

**Tabla 9.** Determinación del Índice de Saponificación.

Ensayo No	Índice de saponificación (mg/g)
1	339,6
2	341,2
3	340,9
<b>Promedio</b>	340,6
<b>Desv. Estándar</b>	0,85

**Tabla 10.** Determinación del Índice de Yodo.

Ensayo No	Índice de Yodo (cg/g)
1	92,3
2	95,2
3	93,5
<b>Promedio</b>	93,7
<b>Desv. Estándar</b>	1,46

#### 6.4.2.1 Índice de Peróxidos.

El valor obtenido y reportado para el aceite fresco de la crisálida (*Bómbyx Mori* Linn) híbrido pilamo 1, por triplicado fue igual a cero lo que indica que el aceite no sufrió ningún tipo de degradación oxidativa hasta el momento de terminar con los análisis dos meses después, Ver (tabla 7).

#### 6.4.2.2 Índice de Acidez.

Se realizaron los diferentes análisis por un periodo de 90 días, obteniendo unos valores de acidez entre (2.78 . 3.26) %, con un valor promedio de 2.79%.

Sin embargo este aceite fresco, se encuentra en el rango permitido para aceites cosméticos y alimenticios, como el de palmiste (7.26% max en ácido oleico) y próximo a otros aceites como lufa cilíndrica y germen de trigo (5% Max en ácido oleico), <sup>(34)</sup>.

#### 6.4.2.3 Índice de Saponificación.

Este aceite fresco de crisálida presenta valores que oscilan entre 339.6 . 341.2 con un valor promedio de 340.6, encontrándose una gran reproducibilidad en los datos. Estos valores indican la presencia de un alto contenido de ácidos grasos de bajo peso equivalente, en comparación con otros aceites de uso cosmético, se aproximaron el de coco (246), el de palmiste (253) y germen de trigo con un valor (200). (ver tabla 9)<sup>(34)</sup>

#### 6.4.2.4 Índice de Yodo.

Este índice de yodo encontrado para el aceite del híbrido píamo 1 presenta un valor promedio de 93.7, (Ver tabla 10). Clasificándose como aceite no secante (índice menor a 100), lo cual indica un alto grado de insaturaciones. En esta clasificación se encuentran algunos aceites de uso alimenticio como el de oliva y de uso cosmético como el de castor grado 1 (ricino) y almendras,<sup>(35)</sup>.

### 6.5 Análisis Nutricional de la Torta.

Se realizaron diferentes análisis para determinar la composición nutricional de la torta, obteniendo los siguientes resultados presentes en las siguientes tablas.

**Tabla 11.** Determinación de Cenizas.

Ensayo No	Cenizas (%)
1	7,3694
2	7,5965
3	7,3728
<b>Promedio</b>	7,4462
<b>Desv. Estándar</b>	0,130

**Tabla 12.** Determinación del contenido de fibra.

<b>Ensayo No</b>	<b>Contenido de fibra (%)</b>
1	0,1263
2	0,1465
3	0,1335
<b>Promedio</b>	0,1354
<b>Desv. Estándar</b>	0,010

**Tabla 13.** Determinación del Contenido de Proteína.

<b>Ensayo No</b>	<b>nitrógeno (%)</b>	<b>Proteínas (%)</b>
1	11,1873	69,9209
2	10,977	68,6064
3	11,2301	68,9972
<b>Promedio</b>	11,1315	69,1748
<b>Desv. Estándar</b>	0.1356	0,6750

### 6.5.1 Determinación De Cenizas.

El contenido de cenizas presente en la torta de crisálida (*Bómbyx Mori Linn*) híbrido pilamo 1, presento valores entre 7.3694 % y 7.5965 % con un valor promedio de 7.4462 %. Lo cual se aproxima a los datos registrados para la torta de algodón (7.00 %) y la torta de ajonjolí (12.0 %), Ver (tabla 11), <sup>(36)(37)</sup>.

### 6.5.2 Determinación De Fibra.

Los análisis realizados en esta prueba, presentan valores entre 0.1263 % y 0.1335 % para el contenido de fibra, presentando valores muy bajos comparados con los reportados para la tortas de ajonjolí (11.0 %), algodón (11.0 %) y palmiste (30.0 %), Ver (tabla 12) <sup>(36)(37)(38)</sup>.

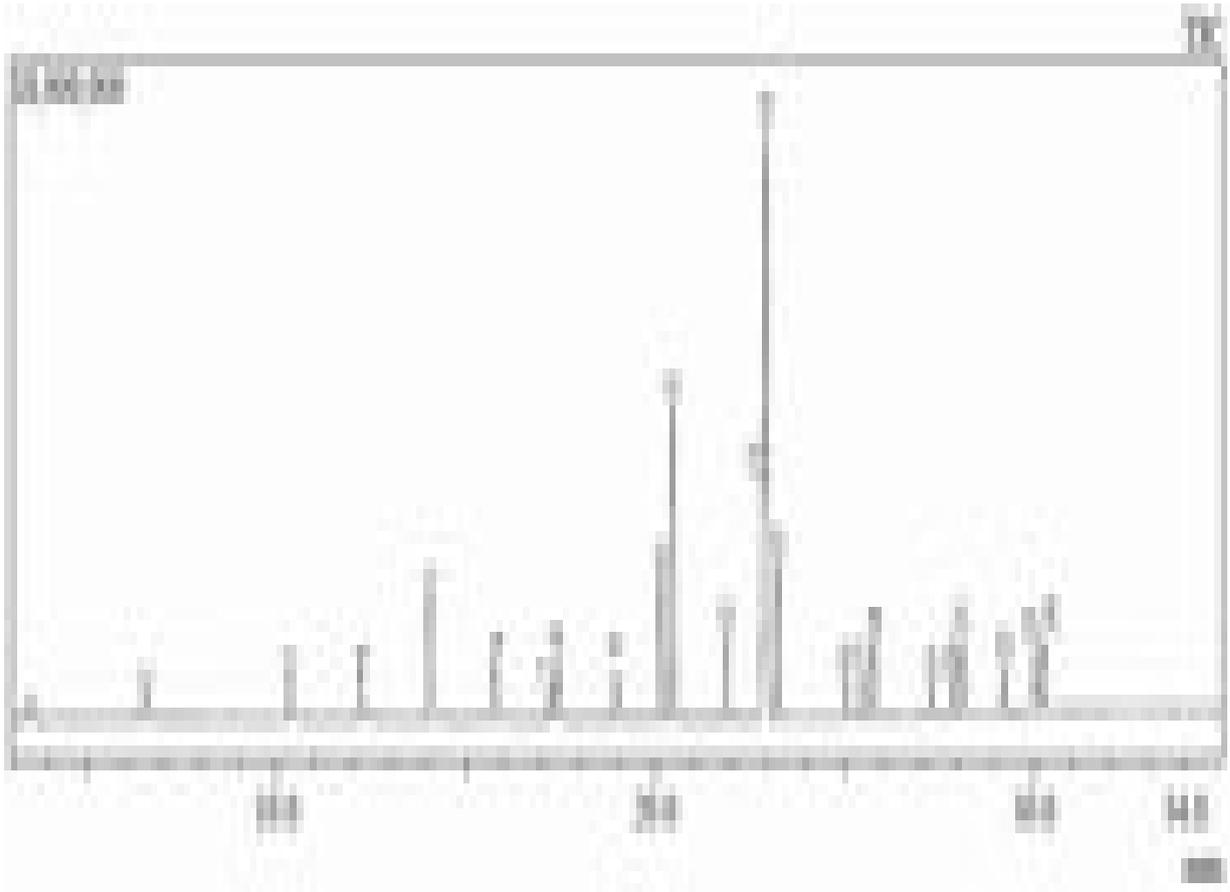
### 6.5.3 Determinación De Proteína.

Para hallar el contenido de proteína en la torta de crisálidas, se obtuvo un valor promedio de nitrógeno de 11.1315 % y así mismo según los cálculos realizados, se reporto un valor promedio de 69.1748 % en proteína. Indicando un alto valor de proteína comparado con los reportados para las tortas de palmiste (14.0 %), ajonjolí (46.0 %) y algodón (60.0 %), Ver (tabla 13) <sup>(37)(38)</sup>.

Estos análisis realizados a la torta de crisálida obtuvieron valores permitidos para la disposición de la alimentación animal, los cuales están en el rango permitido según la norma técnica colombiana NTC 770, <sup>(34)(36)(37)(38)</sup>.

## 6.6 Caracterización Química del Aceite.

**Figura 7.** Cromatograma del estándar comercial de mezcla de metilesteres de ácidos grasos marca RESTEK, con código de catalogo 35078



**Tabla 14.** Compuestos que se Identificaron del Estándar

Nº DE ID	TIEMPO DE RETENCIÓN (s)	NOMBRE	m/z	ÁREA	% Relativo
1	3,479	Metil hexanoato	74	669.223	1,114
2	6,529	Metil octanoato	74	1.810.605	3,013
3	10,345	Metil decanoato	74	2.740.213	4,560
4	12,228	Metil undecanoato	74	2.936.660	4,886
5	14,038	Metil laurato	74	6.160.043	10,250
6	15,765	Metil tridecanoato	74	2.942.963	4,897
7	17,223	Metil miristoleato	74	388.389	0,646
8	17,406	Metil miristato	74	3.148.515	5,239
9	18,970	Metil pentadecanoato	74	1.926.640	3,206
10	20,171	Metil palmitoleato	74	1.200.941	1,998
11	20,458	Metil palmitato	74	11.698.265	19,465
12	21,875	Metil heptadecanoato	74	2.920.370	4,859
13	22,832	Metil linolenato	81	3.025.677	5,035
14	22,919	Metil oleato	74	3.821.317	6,359
15	23,232	Metil estearato	74	5.210.291	8,670
16	25,060	Metil eicosapentanoato	79	544.735	0,906
17	25,480	Metil eicosanoato	69	301.629	0,502
18	25,772	Metil araquidato	74	2.286.912	3,805
19	27,296	Metil docosahexanoato	79	457.109	0,761
20	27,848	Metil erucato	69	309.515	0,515
21	28,109	Metil behenato	74	2.108.875	3,509
22	29,211	Metil tricosanoato	74	1.180.219	1,964
23	30,044	Metil nervonato	69	486.656	0,810
24	30,272	Metil lignocerato	74	1.821.811	3,031

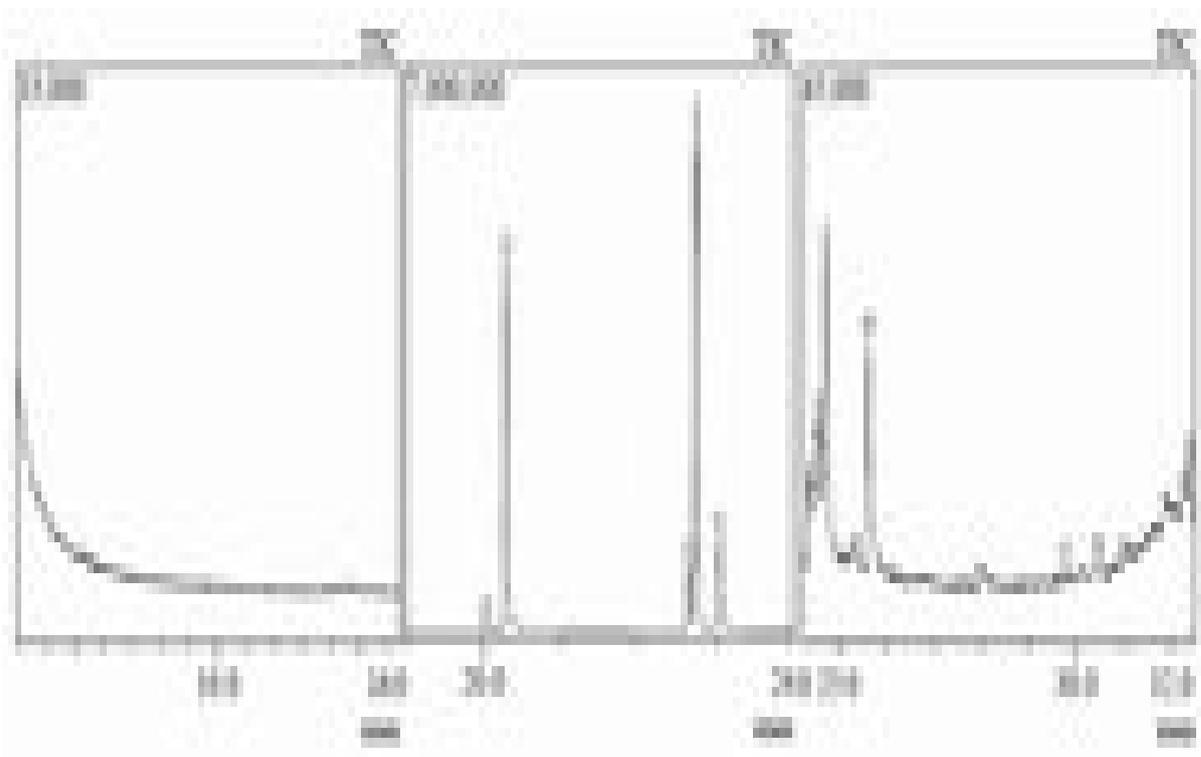
### 6.6.1 Análisis de Muestra Real.

El análisis cromatográfico de la muestra de aceite de crisálida previamente esterificado, arrojó como resultado que el ácido oleico se presenta en mayor proporción con un 43,752%, siguiéndole a este en concentración el ácido palmítico con un porcentaje de 26,300%.

Como ácidos en menor proporción, se encuentran el ácido esteárico, linolenico, y palmitoleico en concentraciones menores al 10%.

En la figura 19 se muestra el cromatógrama total de iones del aceite de la crisálida del gusano de seda, este cromatógrama se muestra cortado, para exponer las abundancias de los picos más grandes sin afectar las de los picos más pequeños o menos abundantes.

**Figura 8.** Cromatógrama total de iones del aceite de crisálida de gusano de Seda previamente esterificado.



**Tabla 15.** Porcentaje de ácidos grasos en la muestra real del aceite de crisálida (Bombyx Mori Linn) híbrido pilamo 1.

ACIDO GRASO	PORCENTAJE (%)
Palmitoleico	0,851
Palmitico	26,300
Linolenico	5,656
Oleico	43,752
Esteárico	6,655

Los análisis reportaron como ácidos grasos mayoritarios en el aceite de la crisálida del gusano de seda, al ácido oleico con 43,752 %, ácido palmitico con 26,300% y a los ácidos esteárico, linolenico, palmitoleico en concentraciones menores a 10%, siendo el mayor de estos tres el ácido esteárico, <sup>(39)</sup>.

## 6.7 Discusión General.

Al realizar un estudio detallado sobre la crisálida del gusano de seda híbrido pilamo 1 recién sacrificada, trae consecuencias favorables para los diferentes análisis realizados ya que según el índice de peróxidos, el aceite no sufrió ningún tipo de degradación oxidativa.

Este aceite presento como ácidos grasos mayoritarios el ácido oleico con 43.752 % y el ácido palmítico con 26.300 %. Según estudios realizados a diferentes crisálidas del gusano de seda (Tabla 16), se puede observar gran similitud en cuanto al índice de refracción para todos los tipos de crisálidas, sin importar sus condiciones iniciales y pretratamientos. También hay una notable diferencia en cuanto al índice de acidez, yodo y saponificación lo cual varía debido a sus características.

En cuanto al índice de acidez, el aceite de crisálida del gusano de seda híbrido pilamo 1, está dentro del rango permitido por la norma técnica colombiana NTC, para el uso cosmético y alimenticio.

La caracterización nutricional de la torta de crisálida obtenida del proceso de extracción del aceite, muestra resultados positivos para darle algún aprovechamiento en la industria alimentaria, ya que cumple con las normas establecidas según la NTC, en cuanto a proteínas, humedad, cenizas, fibra etc. Para saber qué tipo de aprovechamiento en la industria alimentaria se le puede dar a dicha torta, se deben realizar nuevos análisis ya sean de tipo microbiológico, y toxicológico, etc.

**TABLA 16.** Resultados de algunas tesis sobre el estudio de la crisálida.

Código Tesis	Extracción Soxhlet %	Humedad %	Densidad g/ml	Punto de Ebullición °C	Índice de Refracción $n_D$	Índice de Peróxidos meq/Kg	Acidez		Índice de Yodo cg/g	Índice de Saponificación mg/g
							Oleico %	Laurico %		
<b>A</b>	39,63	63,11	0,8986	112,70	1,4708	0,00	6,1	4,33	112,86	219,05
<b>B</b>	39,30		0,8832		1,4649	0,00	13,16	9,34	85,16	
						2,82	12,5	8,87		
						0,00				
						3,07	13,14	9,32		
<b>C</b>	43,19	59,78	0,8464	159,67	1,4500	0,00	3,03	2,16	94,64	359,3
<b>D</b>	43,03	64,83	0,9126		1,468	0	3,16		93,7	340,6

- A. Caracterización del aceite de crisálida fresca de la raza china (CGS X CHS)
- B. Estudio de la calidad del aceite de crisálida Bombyx Mori Linn. Procedentes de capullos dobles.
- C. Aprovechamiento de la crisálida del Bombyx Mori Linn para la obtención de aceites y sus derivados.
- D. Aprovechamiento integral de la crisálida del gusano de seda Bombyx Mori Linn híbrido pilamo 1.

## CONCLUSIONES

- La extracción del aceite de crisálida (*BOMBYX MORI LINN*) híbrido pilamo 1, recién sacrificado y en base seca, fue realizada por el método soxhlet, obteniendo un rendimiento del 43.03 %.
- Se determinaron propiedades físicas y químicas, las cuales arrojaron valores promedios de (densidad 0,9126 g/ml, Ind refracción 1,4670 °C, Ind Peróxidos 0,0 meq/kg, Ind Acidez 2,79 . 3,19 , Ind Saponificación 340,6 mg/g, Ind Yodo 93,7 cg/g). Cumpliendo con las normas técnica colombiana NTC para grasas y aceites, por lo tanto el aceite de crisálida de (*BOMBYX MORI LINN*) híbrido pilamo 1, es apto para su uso en la industria cosmética.
- El aceite de crisálida de (*BOMBYX MORI LINN*) híbrido pilamo 1, no presento contenido de peróxidos durante los 90 días de estudio, lo cual indica que no obtuvo ni ningún proceso de degradación.
- Según el estudio realizado en la parte de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas para el aceite fresco de crisálida del gusano de seda híbrido pilamo 1, se observo que dicho aceite se encuentra constituido principalmente por ácido oleico 43.752 % y ácido palmítico 26.300 %.
- Se realizaron todos los análisis a la torta de crisálida obtenida del proceso de extracción del aceite, obteniendo resultados positivos para darle un aprovechamiento en la industria alimentaria ya que cumplió con los rangos establecidos en la norma técnica colombiana, en cuanto a proteínas, cenizas, humedad y fibra.

## BIBLIOGRAFIA

1. CIFUENTES C., Cesar Augusto y SOHN, Kee Wook. Manual técnico de sericultura: Cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Pereira, Convenio SENA-CDTS, 1998.
2. Disponible en Internet: ([www.univalle.edu.co/pereira04a.php](http://www.univalle.edu.co/pereira04a.php)).
3. Red Andina de la Seda. ¿Qué está pasando en la región? En Boletín Andino de la Seda, Año 2 No 4 Febrero 2005. p 5-6.
4. Boletín Andino de la seda No. 2, Agosto 2004.
5. GUTIERREZ BUILES, Alexandra y MARULANDA, Ángela María. Aprovechamiento de la crisálida (*Bombyx Morí Linn*) para obtención de aceites y sus derivados. Pereira, 2003. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Tecnología Química.
6. MORALES TORRES, Nidia Catalina. Análisis microbiológico del aceite crudo de la crisálida del gusano de seda. Pereira, 2005. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Tecnología Química.
7. MARIN OSORIO, Catherine. Calidad del aceite de crisálida de gusano seda (*Bombyx Morí Linn*) híbrido pilamo I de capullos dobles. Pereira, 2005. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Tecnología Química.
8. PULGARIN SOTO, Jacqueline y RENDON RINCON, Catherine. Caracterización del aceite de la crisálida fresca de (*Bombyx Morí Linn*) de raza

china (LH). Pereira, 2006. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Tecnología Química.

9. GIRALDO JIMENEZ, Angélica y HENAO TORO, Diana. Caracterizaciones físicas y químicas del aceite de las crisálidas recién sacrificadas (*Bombyx Morí Linn*) (K05 x k30). Pereira, 2006. Trabajo de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de tecnologías. Tecnología Química.

10. Diario oficial de las Comunidades Europeas.

11. CIFUENTES, C., Clases y especies del gusano de seda, sericultura Colombiana., 2(7): p. 1995.

12. Centro de desarrollo tecnológico en sericultura (CDTS). Formas y estructuras de la planta de morera. Sericultura Colombiana. Año 3 No 12 (1996)

13. GARCIA, C.J., Avance técnico de cenicafe, Revista Cafetera de Colombia. 1994.

14. GARCIA, C.J., Desarrollo del gusano de seda en cama sobre piso, Revista Cafetera de Colombia. 1999.

15. Boletín Andino de la Seda No. 2, Agosto de 2004.

16. Herrera Eliud, L , Obtencion y Caracterización de la materia insaponificable del aceite de crisálida (*Bombyx Mori Linn*) hibrido pilamo 1. Tesis tecnología química, Universidad Tecnológica de Pereira, 2007.

17. Centro de desarrollo tecnológico en sericultura (CDTS). Formas y estructuras de la planta de morera. Sericultura Colombiana. Año 3 No 13 (1996)
18. Disponible en Internet: ([www.univalle.edu.co/pereira07a.php](http://www.univalle.edu.co/pereira07a.php)).
19. SOHN, K.W., Manual Técnico de Sericultura: Cultivo de la morera y cría del gusano de seda en el trópico. Pereira, Convenio SENA . CDTS. 1998.
20. Disponible en internet: ([www.gusanodeseda.com](http://www.gusanodeseda.com))
21. Gaviria Salazar, Luis Enrique y Calderón Gómez, Carlos Eduardo. Manual de Métodos Analíticos para el Control de Calidad en la Industria Alimentaria.
22. Norma Colombiana ICONTEC 336. Grasas y Aceites. Método de determinación de la densidad. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.
23. Norma Colombiana ICONTEC 286. Grasas y Aceites. Método de determinación del índice de refracción. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.
24. Norma Colombiana ICONTEC 218. Grasas y Aceites. Método de determinación de acidez. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.
25. Colombiana ICONTEC 335. Grasas y Aceites. Método de determinación del índice de saponificación. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.

26. Norma Colombiana ICONTEC 283. Grasas y Aceites. Método de determinación del índice de yodo. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.
  
27. Norma Colombiana ICONTEC 236. Grasas y Aceites. Método de determinación del índice de peróxidos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.
  
28. OSORIO, J.N., Manual de Practicas Química Orgánica II, Separación y Caracterización de Lípidos. Pereira. P. 24. 2001.
  
29. Norma Colombiana ICONTEC 770-3. Alimentos para Animales, Torta de Palmiste. Método de determinación del contenido de proteína. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.
  
30. Norma Colombiana ICONTEC 770-3. Alimentos para Animales, Torta de Palmiste. Método de determinación del contenido de cenizas. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.
  
31. Norma Colombiana ICONTEC 770-3. Alimentos para Animales, Torta de Palmiste. Método de determinación del contenido de fibra. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.
  
32. Norma Colombiana ICONTEC 770-3. Alimentos para Animales, Torta de Palmiste. Método de determinación del contenido de humedad. Instituto Colombiano de Normas Técnicas Santafé de Bogotá.
  
33. López Valencia, Juan Pablo. Estandarización de una Técnica de Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas para la Identificación y Cuantificación de Metil Esteres de Ácidos Grasos.

34. Norma Colombiana Icontec 258 Grasas y Aceites Comestibles. Aceite de Oliva, aceite de palmiste, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santafé de Bogotá.
  
35. Gaviria Salazar, Luis Enrique y Calderón Gómez, Carlos Eduardo. Manual de Métodos Analíticos para el Control de Calidad en la Industria Alimentaria. Índice de yodo.
  
36. Norma Colombiana Icontec 770, Alimento para Animales. Torta de Algodón, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santafé de Bogotá.
  
37. Norma Colombiana Icontec 770, Alimento para Animales. Torta de Ajonjolí, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santafé de Bogotá.
  
38. Norma Colombiana Icontec 770, Alimento para Animales. Torta de Palmiste, Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santafé de Bogotá.
  
39. López Valencia, Juan Pablo. Estandarización de una Técnica de Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas para la Identificación y Cuantificación de Metil Esteres de Ácidos Grasos. Caracterización Química del Aceite de Crisálida de Gusano de Seda Híbrido Pilamo 1.