

**CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE *SOLANUM*
QUITOENSE L VARIEDAD LA SELVA Y EVALUACIÓN DE SU ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE**

**JAVIER ARTURO JURADO
LILIA VANESSA MUÑOZ**

**TRABAJO DE GRADO:
Requisito para optar al título de Tecnólogo en Química**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGÍA
ESCUELA DE TECNOLOGÍA QUÍMICA
PEREIRA**

2009

**CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE DE LAS SEMILLAS DE *SOLANUM*
QUITOENSE L VARIEDAD LA SELVA Y EVALUACIÓN DE SU ACTIVIDAD
ANTIOXIDANTE**

**LILIA VANESSA MUÑOZ
JAVIER ARTURO JURADO**

**TRABAJO DE GRADO:
Requisito para optar al título de Tecnólogo en Química**

**Dirigido por:
GLORIA EDITH GUERRERO
GRUPO OLEOQUIMICA UTP**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA
FACULTAD DE TECNOLOGIA
ESCUELA DE QUIMICA
PEREIRA
2009**

NOTA DE ACEPTACION DE TRABAJO DE GRADO

Los suscritos directores y jurados del presente trabajo de grado una vez revisada la versión escrita y presenciada la sustentación oral, decidimos otorgar la nota de:

Con la connotación de: _____

Para constancia firmamos en la ciudad de Pereira hoy _____

El director: _____

Nombre: Gloria Edith Guerrero.

Jurado: _____

Nombre: José Hipólito Isaza.

AGRADECIMIENTOS

A Gloria Guerrero por sus valiosos consejos y asesorías.

A nuestros compañeros y amigos: Luisa, Liliana, Mónica, Mauricio y Angélica por su colaboración, ayuda y por estar ahí en los buenos y malos momentos, por su apoyo incondicional.

A todos los profesores de la Escuela de Tecnología Química que contribuyeron a nuestra formación académica y personal.

A todo el equipo que conforma el área de reactivos, almacén y demás dependencias de la escuela.

DEDICATORIA

A Dios por habernos dado la vida y la sabiduría para afrontarla. A mis padres, hijo y familia que han sido mi apoyo en todos los momentos de mi vida y que gracias a ellos se hizo posible mi crecimiento intelectual, personal y profesional.

RESUMEN

En esta investigación se evaluaron algunas propiedades físicas y químicas del aceite crudo de semillas de *Solanum Quitoense* L variedad La Selva. Las semillas fueron transformadas en polvo mediante molienda en presencia de CO₂ y secado (40°C durante 2 días); la extracción se realizó con n-hexano. Las características físicas y químicas determinadas el aceite crudo fueron: índice de acidez (0.227% como ácido oleico), índice de peróxidos (0 meq de O₂/Kg), índice de yodo (123.28 cg de I₂/g), índice de saponificación (46.76 meq KOH/g), índice de refracción (1,4663 a a 25°C), densidad (0,9075g/mL), materia insaponificable (12.27%), según el análisis por CG-EM el aceite esta compuesto por: ácido linoleico C_{18:2} (69.72%), ácido oleico (E) C_{18:1} (12.93%), ácido oleico (Z) C_{18:1} (3.7%), ácido esteárico C_{18:0} (3.6%), ácido palmítico C_{16:0} (8.81%), ácido palmitoleico C_{16:1} (1.24%), se evaluó la actividad antioxidante (0.055 µeq DPPH/g de aceite). La torta residual de extracción contiene una moderada proporción de proteína cruda (11.08%), encontrándose potasio como elemento mayoritario, seguido de calcio, hierro y magnesio, además de otros oligoelementos minoritarios y algunos metales (Mn, Zn, Cu y Ca).

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	6
INDICE DE TABLAS.....	7
INDICE DE FIGURAS.....	8
1. JUSTIFICACION.....	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
3. OBJETIVOS	
3.1. Objetivo general.....	18
3.2. Objetivos específicos.....	18
4. MARCO TEORICO	
4.1 Clasificación Científica del <i>Solanum quitoense</i> (Lulo).....	19
4.2. Clasificación Botánica de <i>Solanum quitoense</i> (lulo).....	20
4.3 Descripción del Lulo.....	21
4.4 Composición del Lulo.....	24
4.4.1 Composición Nutricional del Lulo.....	24
4.5 Potencial Económico.....	24
4.6 Grasas y aceites.....	25
4.6.1 Definición.....	25
4.6.1.1 Composición Química Mayoritaria de los Aceites y Grasas.....	25
4.6.1.2 Componentes Minoritarios de un Aceite.....	27
4.6.1.2.1 Antioxidantes.....	27
4.6.1.2.2 Vitamina E (α -tocoferol).....	28
4.6.1.2.3 Fitosteroles.....	30

4.6.2 Usos de los Aceites Vegetales.....	31
4.6.3 Aceites y su Uso en Cosmética.....	32
4.6.4 Caracterización de Grasas y Aceites.....	34
4.6.4.1 Métodos Físicos de Análisis.....	35
4.6.4.1.1 Densidad o Gravedad Específica.....	35
4.6.4.1.2 Índice de Refracción.	35
4.6.4.2 Métodos Químicos de Análisis.....	35
4.6.4.2.1 Índice de Acidez.....	35
4.6.4.2.2 Índice de Saponificación.....	35
4.6.4.2.3 Índice de Yodo.....	36
4.6.4.2.4 Índice de Peróxidos.....	37
4.6.4.3 Análisis Microbiológico.....	38
4.6.4.3.1 Mesofilos Aerobio Viables.....	38
4.6.4.3.2 Hongos y Levaduras.....	38
4.6.4.3.2.1 Hongos.....	38
4.6.4.3.2.2 Levaduras.....	39
4.6.4.3.3 Coliformes Totales.....	39
4.6.4.3.4 Coliformes Fecales.....	39

4.6.4.3.4 <i>Staphylococcus aureus</i>	39
4.7 Técnicas de Análisis Instrumental.....	40
4.7.1 Cromatografía de Gases Acoplada a Espectrometría de Masas (GC/MS).....	40
4.7.2 Técnicas Espectroscópicas.....	42
4.7.2.1 Espectrofotometría Ultra Violeta-Visible.....	42
4.7.2.2 Espectroscopia de Absorción Atómica.....	42
5. METODOLOGÍA	
5.1 Material de Estudio.	43
5.2 Pretratamientos de la Materia Prima.....	43
5.3 Extracción del Aceite.....	43
5.4 Caracterización Física.....	44
5.4.1 Determinación de Densidad.....	44
5.4.2 Índice de Refracción.....	44
5.5 Caracterización Química.	44
5.5.1 Índice de Acidez.....	44
5.5.2 Índice de Yodo.....	44
5.5.3 Índice de Saponificación.....	44
5.5.4 Índice de Peróxidos.....	44
5.6 actividad antioxidante del aceite.....	44

5.6.1	Curva de Calibración de DPPH ^o	45
5.6.2	Evaluación de la Actividad Captora de Radicales Libres.....	45
5.7	Análisis de Composición de Ácidos grasos del Aceite por CG-EM...45	
5.8	Análisis Elemental de la Torta Residual.....	47
5.8.1	Análisis de Metales.....	47
5.8.2	Determinación de Fosforo.....	47
5.8.2	Análisis de Nitrógeno.....	47
5.8	Análisis Estadístico.....	47

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1	Descripción Física de las Semillas de Lulo.....	48
6.2	rendimiento en la extracción del aceite de semillas de <i>solanum quitoense</i> I variedad la selva.....	48
6.2.1	descripción física del aceite de semillas de <i>solanum quitoense</i> I variedad la selva.....	49
6.3	caracterización física del aceite de <i>solanum quitoense</i> Variedad la Selva.....	50
6.3.1	Densidad.....	50
6.3.2	Índice de Refracción.....	50
6.4	Caracterización Química del Aceite de <i>solanum quitoense</i> Variedad la Selva.....	51
6.4.1	Índice de Saponificación.....	52
6.3.2.3	Índice de Yodo.....	52

6.3.2.4 Índice de Acidez.....	52
6.3.2.5 índices de peróxidos.....	53
6.4 actividad antioxidante de aceite.....	53
6.4.1 curva de calibración.....	53
6.4.2 actividad captora de radicales libres del aceite.....	53
6.5 análisis de la composición de ácidos grasos del aceite.....	55
6.6 análisis a la torta residual.....	60
6.7 caracterización microbiológica del aceite de lulo (<i>solanum quitoense</i> l.)	61
7. CONCLUSIONES.....	62
8. RECOMENDACIONES.....	63

ANEXOS

ANEXO 1: Tabla de diferentes propiedades físicas y químicas de algunos

ANEXO 2: Curva de calibración con DPPH^o en metanol y se midió a 517nm.

BIBLIOGRAFÍA

1. JUSTIFICACIÓN

El *Solanum quitoense* L, es un fruto que prospera a nivel mundial en valles andinos húmedos cercanos al Ecuador, a elevaciones comprendidas entre los 1200 y 2100 m.s.n.m, en sitios frescos y sombreados cercanos a corrientes de agua. Es una especie de fácil propagación y se encuentra a nivel de Suramérica en países como Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela. En Colombia, el lulo o naranjilla, se encuentra ampliamente distribuido en varias regiones. Según cifras nacionales del Ministerio de la Agricultura y Desarrollo Rural para 1998, el área cosechada era de 4.868 hectáreas en 20 departamentos, de los cuales los más representativos son los departamentos de Huila, Valle del Cauca, Cauca, Caquetá, Nariño, Tolima, Cesar y Magdalena, teniendo el mayor aporte a la producción el departamento de Huila, (1,2).

En el eje cafetero y en especial en el departamento de Risaralda la producción de frutales se ha venido incrementando en los últimos años; La región cuenta con diversas áreas cuyas condiciones naturales de suelo y clima las hacen favorables para la producción de una diferentes variedades, con excelente calidad y disponibilidad permanente, lo cual reporta ventajas respecto de otras actividades agroindustriales, En los tres departamentos del eje cafetero el área sembrada en el cultivo de este es de 257 hectáreas, ubicadas en 19 municipios y 89 veredas. La producción es de 3.969 ton con un rendimiento promedio por hectárea y por año de 9.600 Kg para lulo de Castilla y 16.000 Kg para lulo La Selva, siendo las variedades mas cultivadas en el eje cafetero. Los cultivos de este fruto aportan al Producto Interno Bruto Regional ingresos por \$7.123 millones y generan 228 empleos permanentes anualmente, (3,4).

En Risaralda ASOLULO es una empresa de productores que se dedica a la comercialización de este fruto, esta asociación se encuentra constituida por un conjunto de varios municipios entre los cuales están Santa Rosa de Cabal, Dosquebradas, Marsella, Apia, Belén de Umbría, Quinchia, La Celia y Riosucio, los cuales aportan 166 hectáreas del área total sembrada en el eje cafetero. En

cuanto a su uso puede decirse que se consume comúnmente como jugos y otra parte es utilizada para obtener la pulpa del jugo, proceso en el cual se obtiene como desecho las semillas del fruto, (3,4).

Numerosos son los estudios en Solanáceas puesto que es una familia muy importante en la dieta humana como por ejemplo: (Estudios sobre Solanaceae: Novedades varias sobre tribus, géneros, secciones y especies de Sur América, (5), Estudio de los componentes antioxidantes y actividad en antioxidante en tomates,(6), etc), En cuanto a la especie *Solanum* también se encuentran numerosos estudios entre los cuales cabe resaltar el siguiente, (Variación en la composición de ácidos seminales en algunas especies de *Solanum* (*Solanaceae*)(7), sin embargo no se encontraron muchas publicaciones científicas acerca de *Solanum Quitoense*; según la revisión bibliográfica se encuentran artículos como por ejemplo: el estudio del aroma a partir de la hidrólisis enzimática de glucósidos a partir del fruto, (8); y actualmente se ha estudiado la composición de carotenos y compuestos fenólicos en el fruto de *Solanum quitoense* L, (9) además de la caracterización química, propiedades antioxidantes y compuestos volátiles de naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) cultivado en Costa Rica, (10), encontrándose gran cantidad de compuestos con importante actividad antioxidante en el fruto.

Las defensas antioxidantes del organismo son claves para el control de enfermedades crónicas asociadas con el estrés oxidativo como cáncer, arterioesclerosis, artritis y el proceso biológico de envejecimiento, por lo tanto el suministro de antioxidantes exógenos podría tener efectos benéficos y ser una alternativa en la prevención y tratamiento de enfermedades asociadas con procesos oxidativos a nivel celular. (11,12,13).

Teniendo en cuenta que los antioxidantes protegen de los radicales libres y se encuentran como ingredientes esenciales de cualquier producto cosmético, se busca que los insumos naturales utilizados en la cosmetología contengan un alto porcentaje de ácidos grasos, y emolientes que proporcionan ácidos grasos al organismo previniendo la pérdida de humedad; como la mayoría de estos

componentes no son sintetizados estos deben ser aplicados por medio de productos cosméticos, (14,15).

Con el fin de contribuir al aprovechamiento integral del fruto y a generar nuevos usos alternativos a partir de las semillas de *Solanum Quitoense* L (lulo), se plantea el presente trabajo de investigación con el cual se busca caracterizar el aceite presente en las semillas de *Solanum Quitoense* L (lulo) Variedad La Selva y evaluar la capacidad antioxidante, ya que se hace necesario aprovechar los recursos naturales, debido al gran impacto que tienen hoy en día en los diversos campos industriales y medicinales. (4,16).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El *Solanum Quitoense* L, esta ampliamente cultivado en el departamento de Risaralda, se usa industrialmente en la obtención de pulpas para jugos; proceso en el cual se desecha la piel y las semillas. Teniendo en cuenta el contenido de antioxidantes y de otros tipos de compuestos bioactivos en el fruto reportados por varios autores se plantea el estudio de las semillas del fruto, particularmente del aceite presente para evaluar su composición y sus propiedades que brinden nueva información sobre el subproducto que contribuya a su posible uso particularmente en la industria cosmética.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener y caracterizar el aceite procedente de las semillas de *Solanum quitoense* L (lulo) variedad La Selva, y evaluar su actividad antioxidante.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

1. Extraer el aceite presente en las semillas de *Solanum quitoense* L variedad La Selva y determinar su rendimiento.
2. Determinar las propiedades físicas (densidad e índice de refracción) y químicas (índice de yodo, índice de saponificación, índice de acidez e índice de peróxidos), del aceite de las semillas de *Solanum quitoense* L variedad La Selva según normas ICONTEC.
3. Realizar el análisis composicional de ácidos grasos por cromatografía del aceite de las semillas de *Solanum quitoense* L variedad La Selva.
4. Realizar un análisis preliminar de la actividad captora de radicales libres del extracto del aceite de las semillas de *Solanum quitoense* L variedad La Selva mediante la técnica del 2,2-difenil-1-picril-hidroxilo (DPPH).
5. Plantear las aplicaciones y/o potenciales usos a partir del aceite de las semillas de *Solanum quitoense* L variedad La Selva, de acuerdo con los resultados obtenidos en la investigación.

4. MARCO TEORICO

4.1 CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DEL *Solanum quitoense* (Lulo).


Lulo	
	
<u>Clasificación científica</u>	
<u>Reino:</u>	<u>Plantae</u>
<u>División:</u>	<u>Angiospermae</u>
<u>Clase:</u>	<u>Magnoliopsida</u>
<u>Subclase:</u>	<u>Asteridae</u>
<u>Orden:</u>	<u>Solanales</u>
<u>Familia:</u>	<u>Solanaceae</u>
<u>Subfamilia:</u>	<u>Solanoideae</u>
<u>Tribu:</u>	<u>Solaneae</u>
<u>Género:</u>	<u><i>Solanum</i></u>
<u>Especie:</u>	<u><i>Quitoense</i></u>
<u>Nombre binomial</u>	
<i>Solanum quitoense</i>	

FIGURA 1. Frutos cosechados del Lulo (*Solanum quitoense*).

4.2 CLASIFICACIÓN BOTANICA DE *Solanum quitoense* (lulo).

La familia solanaceae tiene 70 géneros y 2700 especies, la mayoría distribuidas a través de climas cálidos del Neotrópico. Se conocen 27 especies pertenecientes a 7 géneros que tienen valor hortofrutícola, distribuidas en las regiones tropicales de América, África, Asia y Oceanía. El género *solanum* es el más grande y extensamente distribuido de esta familia con 1200 especies.

En Colombia un estudio de la universidad Nacional de Colombia sede Palmira reporta las siguientes variedades de lulo, La sección Lasiocarpa comprende 13 especies: *Solanum candium* (Lindl); *Solanum felinium* (Whalen); *Solanum hirtum* (Vahl); *Solanum hyporhodium* (A. Braun y G Bouche); *Solanum lasiocarpum* (Dum); *Solanum pectinatum* (Dum); *Solanum pseudolulo* (Heiser); *Solanum quitoense* (Lam); *Solanum repandum* (Forst); *Solanum sessiliflorum* (Dum); *Solanum stramonifolium* (Jacq); *Solanum vestissium* (Dum) y *Solanum stagnale* (Moric), (17).

Del género *solanum* especie *quitoense* se conocen las siguientes variedades:

Quitoense: cuyos tallos y hojas no tienen espinas.

Septentrionale: que posee tallos y hojas con espinas.

Otras especies del género son: *S. candium* Lindl, *S. pectinatum* Dum, *S. pseudolulo* Heiser, *S. sessiliflorum* Dum, *S. stramonifolium* Jacq, *S. vestissium* Dum, *S. hirtum* Vahl, *S. hyporhodium*, *S. vestissimum*, *S. hirsutissimum* Stand, *S. topiro*. (18).

La variedad ***Septentrionale*** R.E. Schultes y Cuatr., llamada lulo de perro, presenta espinas en ramas, tallo, peciolo y nervadura. Otra especie también cultivada, ***Solanum topiro*** H. & B. (***S. Sessiliflorum*** Dun), conocida como tupirú o lulo grande, se diferencia de la anterior porque tiene un crecimiento arbustivo, bien ramificado, tallo suculento, sin espinas y porque la planta está cubierta de pelos ferruginosos.

En Colombia se han realizado estudios de fitomejoramiento los cuales tiene como solucionar objetivo problemas que afectan la producción de lulo y obtener variedades comerciales, aunque los trabajos en este tipo de mejoramiento genético son escasos se conocen híbridos obtenidos en el Centro Regional de Investigación La Selva en Rionegro, Antioquia. La primera generación (F_1) obtenida del cruzamiento entre *Solanum Hirtum* y *Solanum quitoense* variedad septentrional con las siguientes características: planta con muchas espinas, fruto muy pequeño de pulpa amarilla e insípida, hojas más pequeñas y vellosidades en el fruto. La segunda generación (F_2) del híbrido ***Solanum hirtum***, lulo de perro X ***Solanum quitoense*** lulo común o de castilla, conocido como ***lulo La Selva***, fue el resultado del mejoramiento genético realizado por Corpoica Regional 4. A diferencia del lulo de Castilla, puede ser cultivado a plena exposición solar, con un ciclo productivo de tres años, rendimiento potencial de 52 ton/ha y resistente al ataque de los nematodos. El fruto de color amarillo uniforme, muy atractivo, con vellosidades de fácil desprendimiento, es más dulce y aromático que el lulo de Castilla. [2,17].

4.3 DESCRIPCION DEL LULO

Lulo, naranjilla o nuquí es una planta solanácea que crece en forma espontánea en los Andes, entre los 1.200 y 2.100 m.s.n.m. encontrándose, especialmente, en condiciones de sotobosque, en sitios frescos y sombreados, cercanos a corrientes de agua, con temperaturas entre 17°C y 20°C. Originaria de Ecuador se cultiva actualmente en una amplia zona de este país, especialmente en la Cordillera Oriental, y se ha extendido a Colombia, por toda la región andina.

Los aborígenes del área andina han venido consumiendo la naranjilla tanto como fruta, como extrayendo su jugo, desde hace miles de años.

La planta (ver figura 2) se propaga fácilmente por semilla, es de rápido crecimiento, fructifica a los 10 ó 12 meses y crece hasta 1.50 a 2.50 metros de

altura. Se ramifica desde el suelo y los tallos son muy robustos, semileñosos, cilíndricos y velludos.

Presenta hojas de gran tamaño, aterciopeladas, de 30 a 45 cm de largo, son de forma oblonga ovalada, con los bordes ondulados y con un pecíolo hasta de 15 cm, con ángulos de inserción obtusos o agudos, para captar la luz que pasa a través del bosque.



FIGURA 2. Planta del Lulo (*Solanum quitoense*).

Bajo sombrío florece y fructifica en forma casi continua, manteniendo unos pocos frutos, con períodos productivos prolongados. La siembra bajo sombrío conviene a la preservación del bosque. Sembrado expuesto a pleno sol, las plantas florecen y fructifican abundantemente, pero se reduce el período productivo con cosecha de frutos que duran alrededor de 12 meses.

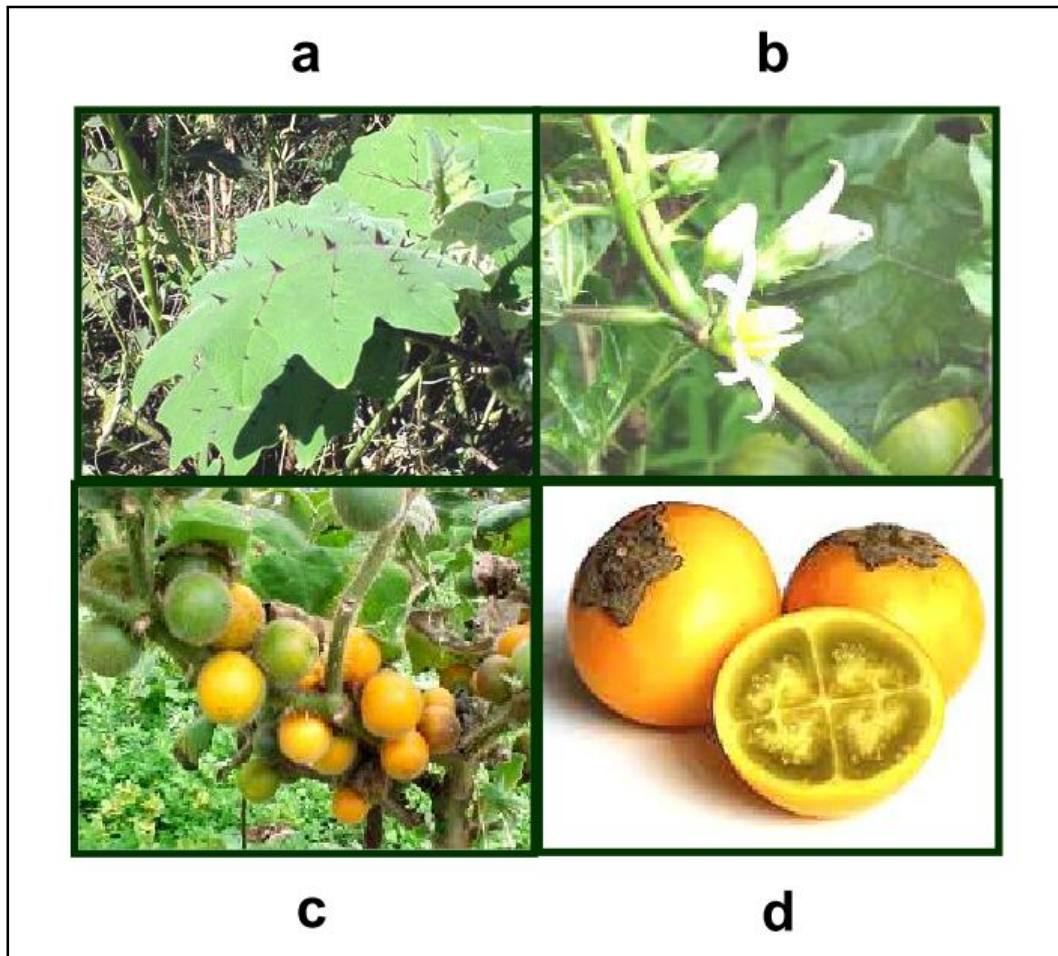


FIGURA 3. Fruto del Lulo (*Solanum quitoense*). A) hoja. B) Flor. C) Fruto. D) Corteza y pulpa.

El fruto es ovoide, de 4 a 6 cm de diámetro, con cáscara amarilla, anaranjada o parda, cubierta de pequeñas y finas espinas o "vellos" (ver figura 3). Internamente, se divide en cuatro compartimentos separados por particiones membranosas, llenos de pulpa de color verdoso y numerosas semillas pequeñas. La jugosa pulpa tiene un sabor ácido y se utiliza para preparar jugos, néctares, mermeladas y postres, [19].

El rendimiento y la calidad del fruto no sólo están íntimamente relacionados con las condiciones ecológicas en que se encuentra el cultivo, sino también con el manejo agronómico aplicado y la variedad cultivada. A pesar de presentar el género alta diversidad genética, la variabilidad dentro de la especie es poco conocida y los resultados del mejoramiento genético son escasos.

4.4 COMPOSICIÓN DE LULO.

4.4.1 COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LULO.

Según los resultados reportados en literatura la composición nutricional del fruto de *Solanum Quitoense* L variedad La Selva se puede ver en la tabla 1, (20).

Estructura	lulo La Selva
% H ₂ O	89,15
% Ceniza	0,59
% Fibra	0,16
% Proteína	0,65
Grados Brix	10,26
% Azúcares Totales	6,95
Ph	3,09
% acidez	2,19
Vitamina C (mg/100 mL)	36,86
Calcio (mg/100 mL)	15,72
Fósforo (mg/100 mL)	9,47
Hierro (mg/100 mL)	1,01
Potasio (mg/100 mL)	1,7

Tabla 2: Composición nutricional del lulo La Selva, según Corporación Colombiana Internacional, Inteligencia de mercados.

4.5 POTENCIAL ECONÓMICO

Se han realizado estudios sobre el procesamiento industrial del lulo y sobre algunos aspectos económicos del mismo. La gran aceptación por parte de los consumidores debido a las características organolépticas que presenta el lulo lo han hecho acreedor a una apreciable demanda tanto en los mercados nacional como internacional, augurándole un promisorio futuro económico, (17).

Dada la alta percibibilidad del lulo se han presentado dificultades para su exportación como producto fresco. En cambio se exporta a Alemania en forma de concentrado de 15 a 45 grados Brix, registrándose una excelente acogida por

parte de los consumidores sin importar la época del año. Existe para estos concentrados unas normas de calidad en el citado país, (50).

4.6 GRASAS Y ACEITES

4.6.1 DEFINICION

Son compuestos procedentes de los vegetales o animales y que están formados en su mayor parte (90 a 95%) por triglicéridos (ácidos grasos), siendo otros de sus componentes: esteroides, tocoferoles, fosfolípidos, alcoholes grasos, etc. Se denomina aceites a los compuestos descritos, que son líquidos a temperatura ambiente y grasas a los que son sólidos a temperatura ambiente (21,22).

4.6.1.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA MAYORITARIA DE LOS ACEITES Y GRASAS

Los diferentes ácidos grasos que conforman los triglicéridos son los que confieren las características particulares de cada aceite y determinan su comportamiento como nutriente, (23).

Los ácidos grasos son generalmente no ramificados y contienen un número par de átomos de carbono, entre 12 y 20. El ácido palmítico (C16) (ver figura 4) y el ácido esteárico (C18) (ver figura 5) son los ácidos grasos saturados más abundantes en la naturaleza. El ácido oleico (ver figura 6) y linoleico (C18) (ver figura 8) son los insaturados más abundantes. El ácido oleico es monoinsaturado, ya que solamente tiene un doble enlace; mientras que los ácidos linoleico, linolénico (ver figura 7) y araquidónico son ácidos grasos poliinsaturados.

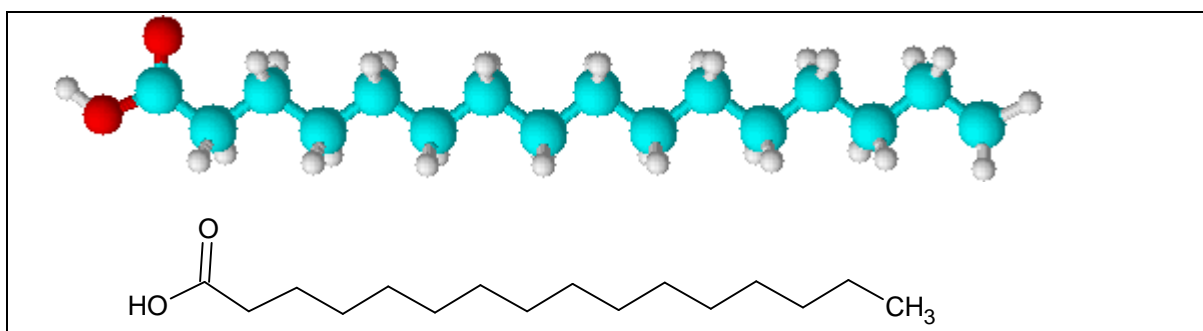


FIGURA 4. Acido Palmítico.

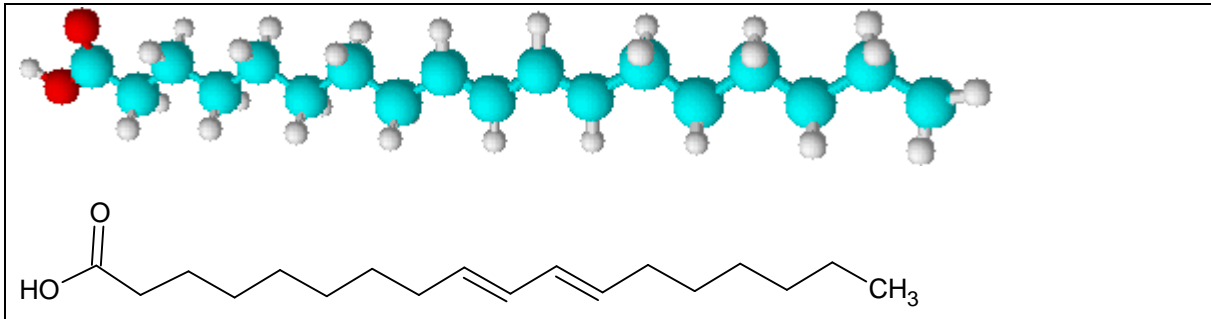


FIGURA 8. Ácido linolèico.

Los ácidos grasos insaturados tienen por lo general puntos de fusión más bajos que sus contrapartes saturadas; esta es una tendencia que también se presenta en el caso de los triglicéridos. Las grasas saturadas tienen una forma uniforme que les permite empacarse juntas eficientemente en un empaque cristalino. Sin embargo, en los aceites vegetales insaturados, los enlaces C=C introducen vueltas y pliegues en las cadenas hidrocarbonadas, haciendo muy difícil la formación de cristales. Mientras más dobles enlaces existan, más difícil es para la molécula que cristalice y será más bajo el punto de fusión del aceite.

La mayoría de los ácidos grasos que contienen los lípidos dietarios son ácidos monocarboxílicos de cadenas hidrocarbonadas generalmente con un número de carbonos entre 12 y 20, bien sea con cadenas saturadas o insaturadas, (58).

4.6.1.2 COMPONENTES MINORITARIOS DE UN ACEITE

Los aceites contienen casi siempre en proporciones muy bajas otros componentes lipofílicos: fosfolípidos, esteroides, antioxidantes (tocoferoles, carotenoides, vitaminas) y pigmentos liposolubles,(24).

4.6.1.2.1 Antioxidantes

Los antioxidantes son sustancias que pueden inhibir o retardar el proceso oxidativo, interfiriendo con la iniciación o propagación de las reacciones en cadena de la auto-oxidación. La importancia de un antioxidante depende de su concentración, del medio donde actúa y de su habilidad para interactuar con sistemas regeneradores. Actualmente se cree que ciertas enfermedades como la

arterioesclerosis, degeneraciones ligadas al envejecimiento y el cáncer, podrían estar unidas al fenómeno de la oxidación celular mediada por radicales libres. La importancia del estrés oxidativo y la defensa antioxidante de los constituyentes de la dieta es motivo constante de revisión. Las vitaminas se han introducido últimamente en patología humana, no por su carencia o avitaminosis sino como antioxidantes en ciertas afecciones ligadas al estrés oxidativo. Se considera que el retinol y la riboflavina son antioxidantes “preventivos”, es decir que mantienen la integridad estructural de los tejidos. En cambio, la vitamina E, C y los carotenoides son antioxidantes que impiden la propagación de la reacción en cadena que provocan los radicales libres, reduciendo la magnitud de la peroxidación lipídica y el daño tisular, (25).

4.6.1.2.2 VITAMINA E (α -tocoferol)

La vitamina E pertenece al grupo de vitaminas liposolubles y está conformada por un grupo de 8 vitámeros. Su estructura consta de 2 partes primarias: un anillo complejo cromano y una larga cadena lateral. Estos 8 vitámeros se dividen en 2 grupos fundamentales: los 4 tocoferoles (TF) y los 4 tocotrienoles (TT) que se diferencian en la saturación de la cadena lateral; los tocoferoles tienen una cadena saturada y los tocotrienoles una insaturada con 3 dobles enlaces (figura .9, 10).

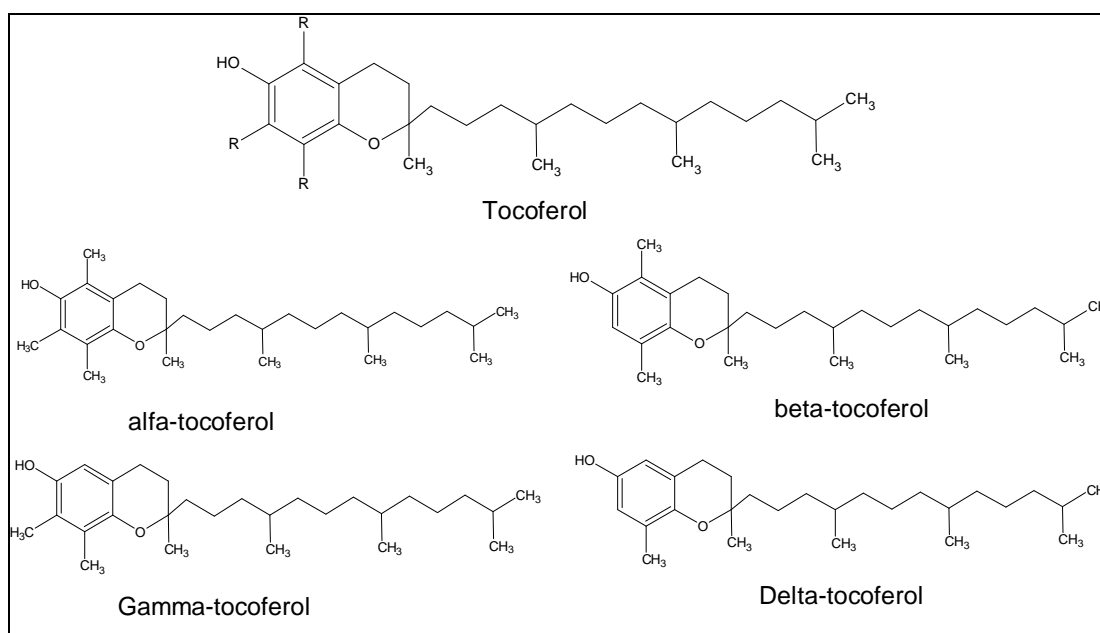


FIGURA 9. Estructura química de los tocoferoles.

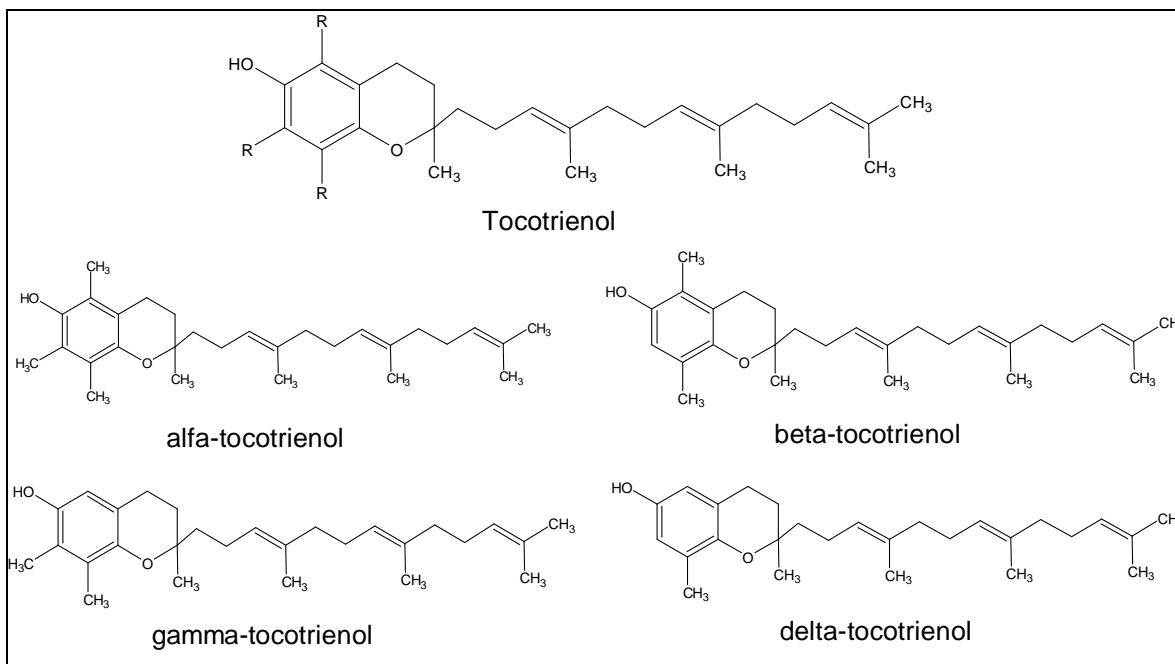


FIGURA 10. Estructura química de los tocotrienoles.

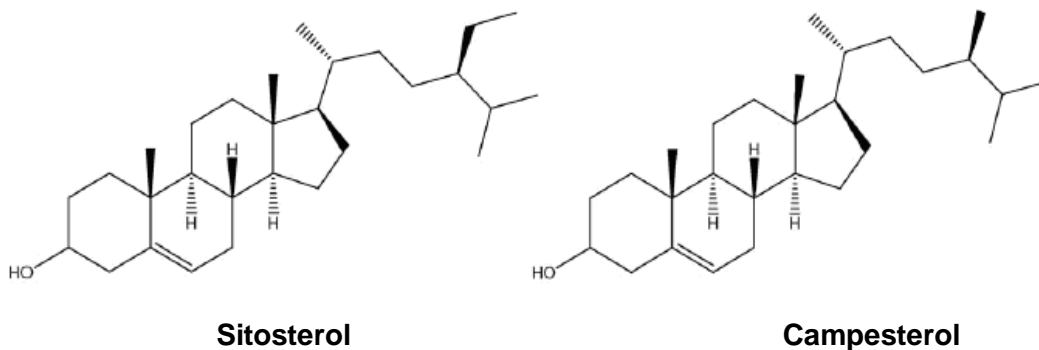
La vitamina E se encuentra en gran variedad de alimentos y es una de las vitaminas de más amplia distribución. Sus fuentes fundamentales son los aceites de soya, maní, algodón y girasol; los guisantes secos como chícharos, garbanzos y lentejas; el trigo, la avena y el arroz integral; la mantequilla y el huevo, (26).

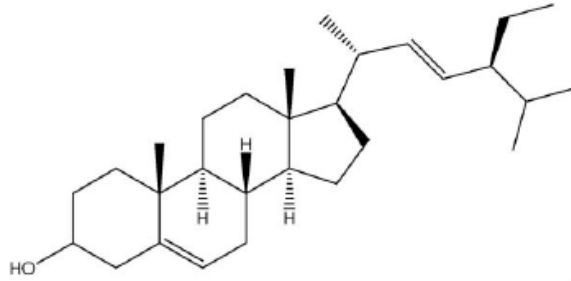
La vitamina E es el principal antioxidante liposoluble, que ayuda a proteger las membranas celulares contra los efectos nocivos producidos por los radicales libres, que pueden contribuir al desarrollo de enfermedades crónicas como el cáncer. La vitamina E puede bloquear la formación de nitrosaminas, que son cancerígenos formados en el estómago debido a los nitritos consumidos en la dieta, puede ayudar además a prevenir la formación de coágulos de sangre, lo que podría conducir a un ataque al corazón. Algunos estudios han demostrado que un alto consumo de vitamina E contribuye a una disminución de la incidencia del cáncer de próstata y de mama, (27).

4.6.1.2.3 FITOESTEROLES

Los fitoesteros son todos los componentes bioactivos de los alimentos vegetales presentes mayoritariamente en plantas oleaginosas (maíz, soya, girasol y canola), nueces y cereales, cuya estructura química es muy similar a la del colesterol. Sin embargo, los fitoesteros difieren estructuralmente del colesterol porque que posee de 27 a 29 átomos de carbono debido a la presencia de sustituyentes de tipo metilo o etilo en la cadena lateral de la molécula. Se han identificado mas de de 25 estructuras diferentes, pero son tres los que están en mayor proporción en sus fuentes de origen: el α -sitosterol (C29), el campesterol (C28) y el estigmasterol (C29) (ver Figura.11), quienes en su conjunto constituyen el 95%-98% de los fitoesteros identificables en extractos vegetales, (28,29,30,31).

Los Fitoesteros tienen propiedades antiinflamatorias, antitumorales, antioxidantes, bactericidas y antifúngicos. Sin embargo, el efecto mejor caracterizado y científicamente demostrado, es el efecto hipocolesterolémico, tanto a nivel del colesterol total como del colesterol-LDL. Otra aplicación diferente de los fitoesteros que está siendo investigada, es en la hiperplasia prostática benigna, donde muchos estudios experimentales han señalado sus efectos beneficiosos. De igual manera, los fitoesteros en diversas líneas celulares cancerígenas de mama, próstata y colon, muestran una actividad inhibitoria de su crecimiento a dosis dentro de rangos fisiológicos, (27,28,29,30,32).





Estigmasterol.

Figura 11. Estructura de los algunos fitoesteres.

4.6.2 USOS DE LOS ACEITES VEGETALES

Aproximadamente dos tercios de la producción mundial de aceites y grasas se utilizan para el consumo humano. Las grasas son fuentes concentradas de energía, vitaminas y ácidos grasos que son esenciales para casi todos los organismos.

La relativa sencillez y versatilidad de los procesos físicos (fraccionamiento) o químicos (hidrogenación o interesterificación), usados por separado o en combinación, permiten modificar las propiedades de los aceites vegetales para hacerlos particularmente indicados para usos finales específicos. Tales procesos hacen a los aceites vegetales intercambiables, un hecho que conduce a que esos aceites predominen en el mercado de los aceites comestibles.

En los usos comestibles, los aceites vegetales se emplean principalmente en la fabricación de margarinas, productos lácteos, rellenos para galletas y alimentos preparados. Las mantecas vegetales se utilizan principalmente para obtener grasas de repostería. En ésta también se utilizan mucho los aceites láuricos (aceites de coco y palmiste) así como aceites fraccionarios de soya y algodón.

Entre los emulsificantes comestibles derivados de la grasa que se usan ampliamente en la industria de procesamiento de alimentos figuran los monoglicéridos y diglicéridos, los monoglicéridos y diglicéridos lactilados, los

monoésteres de glicol de propileno, los estearatos de polisorbitano, los monoglicéridos acetilados y los ésteres de poliglicerol de los ácidos grasos.

Los aceites vegetales también tienen aplicaciones industriales, para estos fines pueden usarse en forma de triglicéridos brutos o refinados (tales como los ácidos grasos) o como derivados de los ácidos grasos. La industria de revestimiento de superficies hace un uso sustancial de diversos aceites insaturados en la producción de resinas alquídicas pinturas y barnices. Los aceites de lino y de soya son los aceites principales empleados en la fabricación de estos dos últimos productos. Tales aceites pueden modificarse mediante tratamiento térmico u oxidativo. Los ácidos grasos que se producen por hidrólisis de aceites o de pasta oleosa son preferidos muchas veces a los triglicéridos por gozar de propiedades específicas funcionales que son importantes para la industria de revestimiento de superficies. La industria del jabón comparte con el sector de revestimiento de superficies la utilización de ácidos grasos o de los aceites de los cuales se derivan. Los aceites láuricos son los de mayor interés en esta industria.

Los aceites grasos no sólo tienen un mercado importante por si mismo, sino que también proporcionan la materia prima para casi todos los derivados de ácidos grasos usados en diversas industrias. Igualmente tienen aplicación en lubricación y fabricación de lubricantes por sus propiedades de reducir fricción.

Recientemente se ha implementado en Europa y en Norteamérica la utilización de aceites vegetales como combustibles, particularmente en combinación con combustibles diesel, (33).

4.6.3 ACEITES Y SU USO EN COSMETICA

Desde la antigüedad, el hombre a preferido los productos de origen natural debido a que poseen muchas propiedades beneficiosas y cada vez mas, se conocen nuevos compuestos que lo benefician, es por eso que la industria del cuidado personal se encuentra en cambio permanente y cada vez se solicitan mas formulaciones especiales, (14).

Los consumidores desean productos que les ayuden a luchar contra los signos del envejecimiento y les proporcionen ventajas adicionales para la salud. Todo debido a la falta de ácidos grasos esenciales y los antioxidantes en el cuerpo, que solo puede ser obtenido a través de los alimentos o productos externos como los cosméticos, (14).

Los ácidos grasos esenciales no actúan como sustancias activas que reaccionan con otros compuestos como el resto de las vitaminas, sino que pasan a formar parte de las membranas celulares como elementos estructurales. Tienen otras múltiples funciones, entre las que se destacan la de participar en el transporte de oxígeno por la sangre, regular el índice de coagulación sanguínea, dispersar el colesterol depositado en las venas, inducir una actividad hormonal normal (síntesis de prostaglandinas) y nutrir todas las células de la piel, (14).

Existen en la naturaleza diversas fuentes vegetales y animales de aceites enriquecidos en ácido oléico, linoléico y linolénico de gran importancia en cosmética, tal es el caso del aceite de oliva, de maíz, de palmiste, de castor y de germen de trigo, (14).

Estos aceites son vehículos portadores de gran variedad de antioxidantes, Los cuales poseen la capacidad de proteger a las células contra el daño oxidativo, que provoca el envejecimiento y las enfermedades crónico-degenerativas, tales como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y diabetes Su efecto consiste en oxidarse antes que los otros compuestos, además permiten la conservación de los cosméticos, debido a que son utilizados como aditivos, (14).

Existe un gran número de compuestos antioxidantes de origen tanto sintético como natural (BHA, BHT), pero son estos últimos los que se prefieren. Ejemplo de dichos antioxidantes son las vitaminas C y E que están siendo utilizadas desde hace años para combatir los efectos de los radicales libres que agreden la piel, (14).

Los aceites tanto de origen vegetal como de origen animal, son usados como materia prima en la industria de cosmética. Actualmente en Colombia solo se

permite el uso de dos aceites de origen vegetal en la industria cosmética; el aceite de castor, que es obtenido de las semillas de la planta de ricino y que presenta un porcentaje de rendimiento del 45 al 55% en peso, las semillas del *Ricinus Communis Linne* se prensan, y el compuesto oleaginoso que resulta se purifica y después se decolora. (El proceso seguido debe cumplir con ciertos requisitos establecidos por la norma NTC 1529, (34)). El aceite de castor actúa como una barrera protectora para la piel, tiene un contenido de ácido graso "Ricinoleico" el cual actúa como un humectante para la piel, (14).

Otro de los aceites que se utilizan actualmente en Colombia con fines cosméticos es el aceite con germen de trigo que es obtenido por extracción mecánica o por solventes; debe ser un líquido amarillo a castaño con leve olor propio, soluble en aceites y grasas. Este aceite debe cumplir con los requisitos fisicoquímicos descritos en la norma NTC 3758, (14,35).

4.6.4 CARACTERIZACIÓN DE GRASAS Y ACEITES

La determinación de las constantes analíticas de los aceites se hace por medio de las pruebas físicas y químicas que dan valores característicos para las distintas sustancias grasas. Estos valores sirven como parámetro de comparación entre los reportados por el ICONTEC, para la clasificación de los aceites, (16).

En Colombia estos aceites son normalizados por el Instituto Técnico Colombiano (ICONTEC) e instituciones legisladoras como el INVIMA, encargadas de garantizar el buen funcionamiento, la calidad de medicamentos y alimentos, a través del ministerio de salud se preocupa por la reglamentación de los regímenes sanitarios de control de calidad y de vigilancia de los productos cosméticos.

4.6.4.1 METODOS FISICOS DE ANALISIS

4.6.4.1.1 DENSIDAD O GRAVEDAD ESPECÍFICA

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 (16), ver anexo 1, y se determina según la norma ICONTEC 336, (42).

4.6.4.1.2 INDICE DE REFRACCION

Se define como el cociente entre el seno del ángulo de incidencia y el seno del ángulo de refracción de la luz monocromática al pasar del aire a un medio ópticamente más denso. Depende de la composición de la muestra, la temperatura y la longitud de onda de la radiación utilizada, (36), ver anexo 2 y 3, y se determina según la norma ICONTEC 286, (43).

4.6.4.2 METODOS QUIMICOS DE ANALISIS

4.6.4.2.1 INDICE DE ACIDEZ

Se entiende por índice de acidez, o valor ácido, los miligramos (mg) de NaOH 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 ($C_{18}H_{34}O_2$) (16), y se determina según la norma ICONTEC 218, (44).

4.6.4.2.2 INDICE DE SAPONIFICACION

Determina el tipo de triglicéridos y la cantidad que se encuentra en el extracto; es el número de miligramos (mg) necesarios de hidróxido de potasio (KOH) (ver figura 12), para saturar los ácidos grasos libres contenidos en cada gramo de la muestra (16). Se determina según la norma ICONTEC 335, (46).

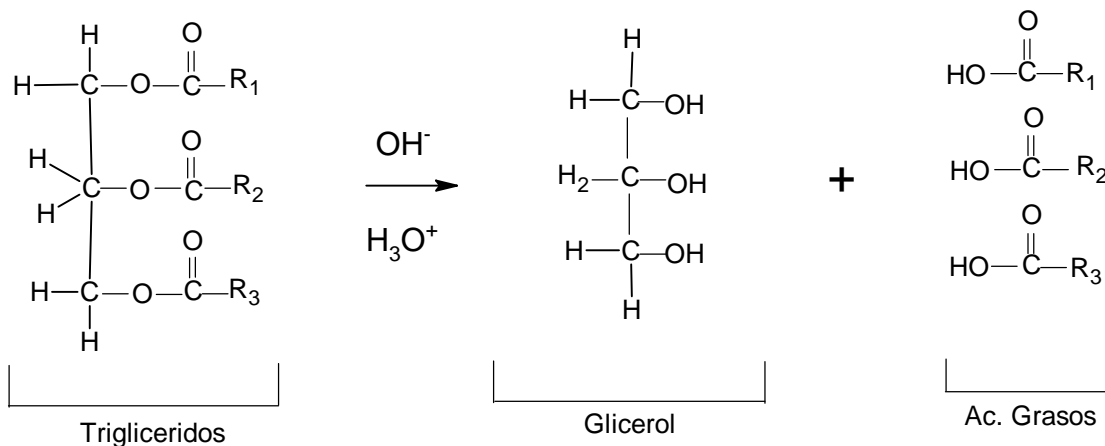


FIGURA 12. Reacción de saponificación

4.6.4.2.3 INDICE DE YODO

La determinación del índice de yodo, consiste en someter una cantidad exactamente pesada de la muestra a la acción del reactivo de Hanus (solución de yodo bromuro en ácido acético) y luego de un tiempo determinado valorar el yodo en exceso, mediante el empleo de solución de tiosulfato de sodio y se expresa como (cg/g), (16). El yodo se adiciona a los enlaces dobles de los ácidos insaturados cuantitativamente bajo condiciones controladas (ver figura 13).

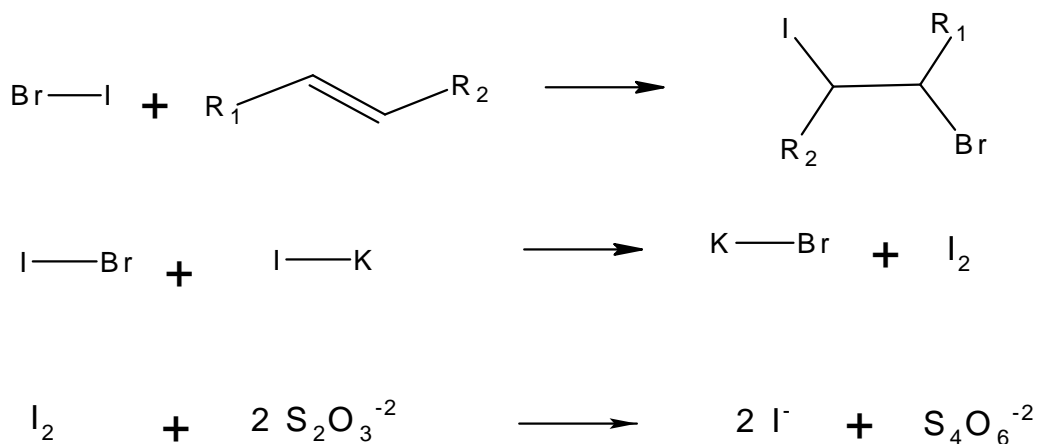


FIGURA 13. Reacción correspondiente a la determinación del índice de yodo de una grasa o aceite por el método de Hanus.

En esto se basa químicamente en la determinación del índice de yodo, el cual se define como: El número de gramos de yodo absorbidos por cien gramos de aceite o grasa.

El punto final se registra por la desaparición del complejo azul del yodo con el almidón. Esta determinación es quizá el mejor método para clasificar los aceites, pues permanece casi inalterada por ligeros cambios en el estado del mismo, además, permite caracterizar la muestra dando una base para saber si es pura o si se encuentra mezclada.

Según Los valores del índice de yodo los aceites se pueden clasificar de la siguiente manera:

- **ACEITES SECANTES:** (como el de linaza y los de pescado) tiene índices de yodo muy elevados que pasan de 120. Son los que al exponerse a la acción del aire absorben el oxígeno de este y forman películas transparentes semejantes a la goma elástica.
- **ACEITES NO SECANTES:** (oliva, maní, almendras) tienen índices de yodo inferiores a 100. Son los que al exponerse a la acción del aire se mantienen líquidos y se espesan un poco.
- **ACEITES SEMISECANTES:** (algodón, ajonjolí, maíz) tienen índices de yodo intermedios. Estos aceites desecan menos que los aceites secantes y su índice de yodo está comprendido entre 100 y 120.

El índice de yodo puede variar ligeramente con la edad y la forma de conservación de las materias grasas. Generalmente los materiales viejos y mal conservados tienen un valor inferior al mismo material fresco y bien conservado. Esta variación es más crítica para los aceites secantes que absorben fácilmente el oxígeno del aire (16), ver anexo 5, y se determina según la norma ICONTEC 283, (45).

4.6.4.2.4 INDICE DE PEROXIDOS

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 el yoduro de potasio (KI) bajo las condiciones del método. Este valor se expresa en miliequivalentes de Oxígeno activo por kilogramo de muestra y es aplicable a todas las sustancias grasas, (16), y se determina según la norma ICONTEC 236, (47).

4.6.4.3 ANALISIS MICROBIOLOGICO

Este análisis se determina según la norma ICONTEC 4833, (39).

4.6.4.3.1 MESOFILOS AEROBIO VIABLES

La mayoría de estos microorganismos se encuentran en casi todos los productos. En este grupo se incluyen todas las bacterias, mohos y levaduras capaces de desarrollarse a 30 °C en las condiciones establecidas, debido a que su temperatura de desarrollo es óptima para muchas formas de vida libre, se encuentran difundidos en el medio ambiente.

En este recuento se estima la microflora total sin especificar tipos de microorganismos. Refleja la calidad sanitaria del producto a examinar, las condiciones de manipulación y las condiciones higiénicas de la materia prima, (14).

4.6.4.3.2 HONGOS Y LEVADURAS

4.6.4.3.2.1 HONGOS

Son un grupo diverso de organismos unicelulares o pluricelulares que se alimentan mediante la absorción directa de nutrientes. Junto con las bacterias los hongos son los causantes de la putrefacción y descomposición de toda la materia orgánica.

Existe gran variedad de hongos que alteran las grasas y los aceites, entre los que se encuentran el *Penicillium*, que es un género muy importante y de gran abundancia. Los *Penicillium* son mohos comunes que se desarrollan sobre los más diversos substratos.

4.6.4.3.2.2 LEVADURAS

Las levaduras son difíciles de reconocer, pueden ser beneficiosas o perjudiciales. Las fermentaciones por levaduras intervienen en los procesos de fabricación del pan, cerveza, vino, vinagre y quesos de maduración superficial, así como en la obtención de otros alimentos y enzimas. Por otra parte pueden intervenir en las alteraciones de zumos de frutas, almibares, miel, entre otros.

4.6.4.3.3 COLIFORMES TOTALES

Las principales especies de bacterias coliformes son *Escherichia coli* y *Enterobacter aerogenes*. Generalmente no se admite la presencia de bacterias coliformes en los aceites para uso cosmético, pues son un indicador de contaminación con materiales cloacales y mala higiene en el proceso de manipulación.

4.6.4.3.4 COLIFORMES FECALES

Familia *Enterobacteriaceae*. Género *Escherichia*. Especie *Escherichia coli*.

El agar Eosina Azul de Metileno (E:M:B), es un medio diferencial que puede usarse para el aislamiento y detección de enterobacteriaceae o basilos coliformes. Los colorantes de anilina (Eosina y Azul de metileno) inhiben las bacterias gram-positivas y gram-negativas exigentes. Las colonias fermentadoras de lactosa intensas, típicas notablemente *E. Coli* producen colonias verdes-negras con un brillo metálico, (14,37).

4.6.4.3.4 *Staphylococcus aureus*

Familia *Micrococcaceae*. Género *Staphylococcus*. Especie *Staphylococcus aureus*. La más patógena de las especies de *Staphylococcus* encontradas en el hombre es el *S. aureus*, un microorganismo capaz de causar infección en cualquier sitio del organismo.

Es necesario realizar cada uno de los ensayos microbiológicos descritos anteriormente, para garantizar que el aceite estudiado cumple con las normas

establecidas por la norma NTC4833, y que podrá ser utilizado con fines cosméticos (38).

Uno de los medios de cultivo utilizados para la determinación de *Staphylococcus aureus* es el AGAR Baird Parker; este medio de cultivo contiene cloruro de litio y telurito para la inhibición de la flora acompañante, en tanto que el piruvato y la glucocola actúan favoreciendo selectivamente el crecimiento de *Staphylococcus*, este agar también para demostrar la actividad lipolítica y protolítica por parte de *S. aureus*; demostrada por la formación de un doble halo claro alrededor de la colonia, (39).

4.7 TÉCNICAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL

4.7.1 CROMATOGRAFIA DE GASES ACOPLADA A ESPECTROMETRIA DE MASAS (GC/MS).

Se constituye en un procedimiento para la separación e identificación de compuestos volátiles, en esta técnica la muestra se volatiliza y se inyecta en la cabeza de una columna cromatográfica, donde la elución se produce por el flujo de una fase móvil de un gas inerte, donde esta no interacciona con las moléculas del analito; su función única es la de transportar el analito a través de la columna. Los diversos componentes son retenidos o retrasados por la fase estacionaria con mayor o menor fuerza y alcanzan correspondientemente el final de la columna donde se encuentra el detector, (40); El espectrómetro de masas es un detector universal para cromatografía de gases, que toma el espectro de masas de cada uno de los compuestos que salen de la columna cromatográfica

La Espectrometría de Masas es una técnica analítica instrumental de alta sensibilidad capaz de identificar cualitativa y cuantitativamente, y de forma inequívoca, cualquier tipo de mezclas de sustancias. Asimismo esta técnica permite también determinar la masa molecular de un compuesto, así como de los diversos fragmentos que resultan de la rotura controlada del mismo dando estos una información muy valiosa sobre la estructura de la molécula.

Un espectrómetro de masas siempre contiene las siguientes partes: un sistema de introducción del compuesto o mezcla de compuestos que se van a analizar, una fuente para ionizar estos compuestos, uno o varios analizadores de masas para separar los iones producidos, un detector o contador de iones y finalmente un sistema de procesamiento de datos que reproduce el espectro de masas.

Cuando una molécula se somete a ionización por impacto electrónico en un espectrómetro de masas el proceso primario consiste en la abstracción de un electrón para dar un catión-radical. Este catión-radical se trata del ión molecular y tendrá mayor o menor tendencia a fragmentar en función de su estabilidad. Los iones moleculares muy estables tendrán poca tendencia a fragmentar y serán muy abundantes. Al ión mas abundante del espectro se le denomina pico base. Los fragmentos más abundantes de un espectro de masas nos dan una información valiosísima sobre la estructura de la molécula, (41).

APLICACIONES

Algunas de las aplicaciones generales de estos equipos son:

- Determinación del peso molecular de compuestos orgánicos volátiles.
- Identificación de un compuesto, o un fragmento del mismo mediante su espectro de masas por comparación con librerías.
- Análisis cuantitativo de mezclas volátiles.
- Determinación de masas exactas de compuestos orgánicos volátiles.

4.7.2 TECNICAS ESPECTROSCOPICAS

4.7.2.1 ESPECTROFOTOMETRIA ULTRA VIOLETA-VISIBLE

La espectrofotometría consiste en la medida de cantidades relativas de luz absorbida por una muestra, en función de la longitud de onda.

Cada componente de la solución tiene su patrón de absorción de luz característico. Comparando la longitud de onda y la intensidad del máximo de absorción de luz de una muestra contra soluciones Standard es posible determinar la identidad y la concentración de componentes disueltos en la muestra, (16).

4.7.2.2 ESPECTROSCOPIA DE ABSORCION ATOMICA

La espectroscopia de absorción atómica se basa en la absorción de la luz por los átomos de un elemento a cuantificar en una muestra, cuando se hace incidir en ella una haz de luz emitido por una lámpara con una longitud de onda definida, la cual corresponde a la longitud de onda de emisión característica del elemento particular escogido para el análisis.

La extensión a la cual la luz es absorbida provee una estimación de la concentración del elemento en la muestra, la cual debe estar en solución, por lo cual requiere un tratamiento previo, para que sea atomizada en una flama, la intensidad del rayo de luz emergente, después de la absorción por la muestra, es medido para determinar su absorción, (16).

5. METODOLOGÍA

5.1 MATERIAL DE ESTUDIO

Se utilizaron semillas frescas de *Solanum quitoense* L de la variedad comercial La Selva, suministradas por los comercializadores del eje cafetero. Estas se llevaron al laboratorio de oleoquímica, (Escuela de química de la Universidad Tecnológica de Pereira) para su respectivo análisis.

5.2 PRETRATAMIENTOS DE LA MATERIA PRIMA

Se realizó un tratamiento preliminar a la muestra el que consistió en:

- Un proceso de limpieza y lavado en agua.
- Secado a 40 °C en estufa BINDER durante dos días.
- Molienda en molino de aspas de las semillas en presencia de CO₂ solidó.
- Conservación a 0 °C en congelador de nevera

5.3 EXTRACCIÓN DEL ACEITE

La extracción del aceite se realizó mediante el método Soxhlet, empleando *n*-hexano como solvente y una relación en masa volumen 1:5 por cuatro horas.

El extracto se concentró en rotavaporador y el aceite se conservó protegido de la luz y a temperatura ambiente para su posterior análisis.

5.4 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Todas las determinaciones se realizaron al aceite fresco de *Solanum quitoense* L variedad La Selva en las mismas condiciones por triplicado, (15).

5.4.1. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD

Se realizó según la norma ICONTEC 336, (42).

5.4.2 ÍNDICE DE REFRACCIÓN:

Se determinó según la norma ICONTEC 286, (43).

5.5 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA

5.5.1 INDICE DE ACIDEZ

Se determinó según la norma ICONTEC 218, (44).

5.5.2 INDICE DE YODO

Se determinó según la norma ICONTEC 283, (45).

5.5.3 INDICE DE SAPONIFICACION

Se determinó según la norma ICONTEC 335, (46).

5.5.4 INDICE DE PEROXIDOS

Se determinó según la norma ICONTEC 236, (47).

5.6 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE

Se siguió el método de la actividad captora de radicales libres estandarizado en estudios previos, (12,13). Se empleó el radical libre 2,2-difenil-1-picril-hidroxilo (DPPH) en metanol, el cual se almacenó a 0°C en recipiente ámbar y recubierto con papel aluminio.

5.6.1 CURVA DE CALIBRACIÓN DE DPPH°

Se preparo a partir de una solución patrón de 2000ppm de DPPH en MeOH, y se emplearon concentraciones de 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 µeq/L.

5.6.2 EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD CAPTORA DE RADICALES LIBRES

Se midió en el espectrofotómetro la absorbancia y la concentración de DPPH a tiempo cero a 517nm utilizando como blanco metanol; posteriormente, se tomaron 3 mL de la solución de DPPH y 30µL del aceite, dejándolos reaccionar por 50 minutos, se registró el dato de absorbancia y concentración a 517nm. La medida de la actividad antioxidante se realizó por triplicado, (13). Los resultados se expresaron en µeq de DPPH/g de extracto seco, (13).

5. ANALISIS DE COMPOSICION DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE POR CG-EM.

Se realizó el análisis composicional de los derivados metilados del aceite por CG-EM; los derivados metilados se obtuvieron mediante la reacción de esterificación (22), haciendo reaccionar los ácidos grasos con metanol en medio acido; el análisis por cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas se llevo a cabo en el equipo (GCMS-QP2010 Shimadzu), (22,48) y las condiciones de análisis fueron:

Las condiciones cromatográficas utilizadas fueron:

Columna capilar: Rtx-5sil MS Crossbond

Fase: 5% difenil/95% dimetilpolisiloxano

(30m x 0.25mm x 0.50 μ m)

Programación de temperatura:

Se empleó la programación de temperatura descrita en la tabla 2.

Rata (°C/min.)	Temperatura (°C)	Tiempo (min.)
---	200	2
15	250	10
25	320	2

TABLA 2. Programación de temperatura para el cromatógrafo de gases.

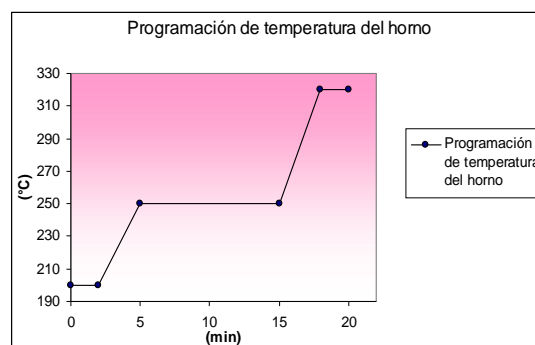


FIGURA 15. Programación de la temperatura del Horno para el cromatógrafo de gases.

Inyector

Automático: AOC-20i Autoinyector Shimadzu

Temperatura: 290 °C

Volumen de inyección: 1.0 μ L

Modo de inyección: Split

Gas

Gas transportador: He

Flujo total: 202.3 mL/minuto

Presión: 101.4 kPa

Detector

Tipo: Espectrómetro de masas

MS-UP2010 system

Temperatura del detector: 260°C

Ionización por impacto electrónico a 70 eV

5.8 ANALISIS ELEMENTAL DE LA TORTA RESIDUAL

5.8.1 ANÁLISIS DE METALES

Se analizaron los elementos (hierro, manganeso, zinc, cobre, calcio, potasio, magnesio), empleando espectroscopia de absorción atómica en el equipo Espectrómetro de Absorción Atómica Perkin – Elmer 2380 (FNC), (16).

5.8.2 DETERMINACIÓN DE FOSFORO

Se determinó según el procedimiento descrito en el manual de análisis de foliares del centro nacional de investigaciones del café CENICAFÉ, (49).

5.8.2 ANALISIS DE NITROGENO

Se determino según procedimiento descrito en el manual de análisis de foliares del centro nacional de investigaciones del café CENICAFÉ (49).

5.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se realizó un análisis descriptivo o análisis de varianza simple, a los datos obtenidos en la seccion experimental realizando cada procedimiento por triplicado, empleando Excel Office versión 97-2003 como software para el tratamiento de los datos.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LAS SEMILLAS DE LULO

Las semillas de *Solanum quitoense* L variedad la Selva, sometidas a un proceso de secado presentaron un tamaño de 3,0mm aproximadamente, de color café claro y ovaladas (ver figura 16).

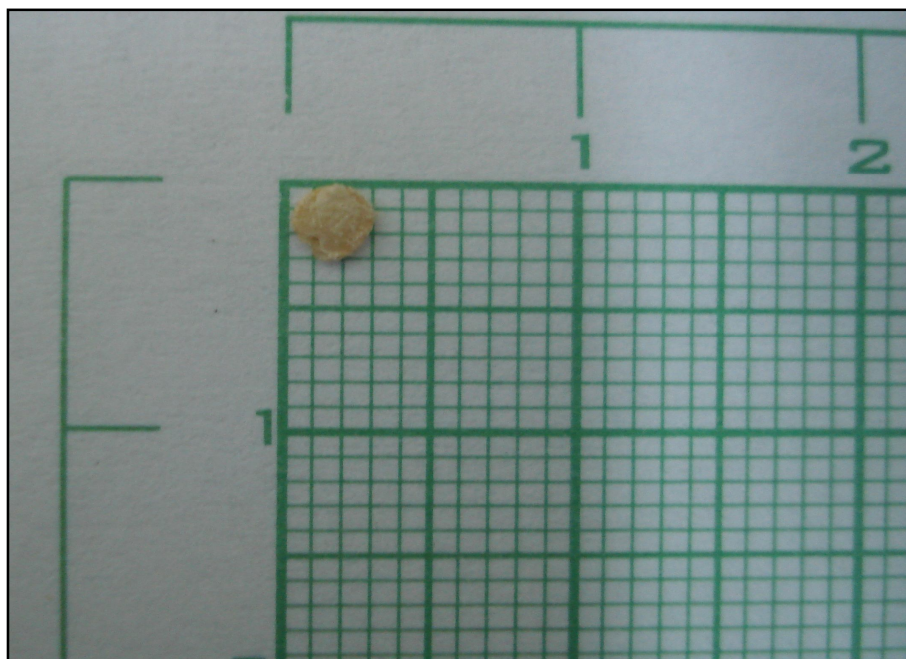


Figura 16. Descripción física de las semillas de *Solanum quitoense* L variedad la Selva.

6.2 RENDIMIENTO EN LA EXTRACCIÓN DEL ACEITE DE SEMILLAS DE *Solanum quitoense* L VARIEDAD LA SELVA.

El rendimiento obtenido de aceite con las condiciones de extracción utilizadas, fue de 11,03% (ver tabla 3) valor promedio expresado en base seca, este representa el 0.017% del fruto; el porcentaje de rendimiento del aceite obtenido es similar a el aceite de pepita de uva *Vitis vinífera* el cual tiene un porcentaje de rendimiento que oscila entre 12.35% y 16.00% (50). Los resultados presentaron una desviación estándar inferior a 1, indicando que el análisis es confiable y los datos son reproducibles.

DETERMINACIÓN	PORCENTAJE DE RENDIMIENTO
1	11,13
2	10,92
3	11,05
Promedio	11,03
Límite superior	11,13
Límite inferior	10,92
Desviación estándar	0,1059

TABLA 3. Porcentaje de rendimiento de la extracción del aceite de semillas de *Solanum quitoense* L variedad la Selva.

6.2.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL ACEITE DE SEMILLAS DE *Solanum quitoense* L VARIEDAD LA SELVA.

El aceite obtenido era translúcido y presentó un color verde como se aprecia en la figura 17.



FIGURA 17. Descripción física del aceite de las semillas de *Solanum quitoense* L variedad la Selva.

6.3 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DEL ACEITE DE *Solanum quitoense* L VARIEDAD LA SELVA.

Según la revisión bibliográfica a la fecha no existen reportes y/o estudios acerca de la caracterización de este aceite; por lo cual no hay normas que permitan establecer los requisitos mínimos que debe cumplir el aceite; por este motivo los valores obtenidos se comparan con la normatividad vigente de otros aceites de uso cosmético y alimenticio.

6.3.1 DENSIDAD

Como se presenta en la tabla 4 el aceite de las semillas de lulo, presentó una densidad promedio de 0,9075g/mL. Con relación a densidades reportadas para otros aceites, se encontró mayor similitud con los aceites de *maní* (0.915-0.909), *oliva* (0.915-0.909) y *palmiste* (0.913-0.900). Los datos presentaron una desviación estándar de 0,0133 que indica una alta reproducibilidad del método y garantiza confiabilidad.

DETERMINACIÓN	DENSIDAD (g/mL)
1	0,9136
2	0,8923
3	0,9167
Promedio	0,9075
limite superior	0,9167
limite inferior	0,8923
Desviación estándar	0,0133

TABLA 4. Densidad del aceite de las semillas de lulo (*Solanum quitoense* L).

6.3.2 ÍNDICE DE REFRACCIÓN

En la tabla 5 se presentan los datos obtenidos del índice de refracción determinado a 25°C para el aceite de las semillas de *Solanum quitoense* L. El valor promedio obtenido fue de 1,4663 con una desviación estándar muy pequeña.

El índice de refracción del aceite de semillas de *Solanum quitoense* L, guarda similitud con los aceites de *palmiste* (1.4520 - 1.4990), *germen de trigo* (1.469 - 1.478) y *oliva* (1.4698 - 1.4715).

DETERMINACIÓN	ÍNDICE DE REFRACCIÓN (25 ⁰ C)
1	1,4664
2	1,4653
3	1,4672
Promedio	1,4663
limite superior	1,4672
limite inferior	1,4653
Desviación estándar	0,0009

TABLA 5. Índice de refracción del aceite de las semillas de lulo (*Solanum quitoense*).

6.4 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DEL ACEITE DE *Solanum quitoense* L VARIEDAD LA SELVA.

En la tabla 6 se presenta los resultados obtenidos de los diferentes análisis realizados al aceite de semillas de *Solanum quitoense* L variedad La Selva.

DETERMINACIÓN	ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN mg/g	ÍNDICE DE PERÓXIDOS meq/Kg	ÍNDICE DE YODO cg/g	ÍNDICE DE ACIDEZ	
				% Ácido Oleico	% Ácido Laurico
1	46,84	0	120,61	0,3360	0,2270
2	46,53	0	124,41	0,3361	0,2271
3	46,91	0	124,83	0,3361	0,2271
Promedio	46,76	0	123,28	0,3361	0,2271
limite superior	46,91	0	124,83	0,3361	0,2271
limite inferior	46,53	0	120,61	0,3360	0,2270
Desviación estándar	0.20	0	2,3247	0.0001	0.0001

TABLA 6. Propiedades químicas del aceite de las semillas de *Solanum quitoense* L.

6.4.1 ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

Como se aprecia en la tabla 7, el índice de saponificación presento un valor promedio de 46.76 meq NaOH/Kg, este valor representa la medida de los ácidos grasos libres y combinados que existen en la grasa y es directamente proporcional a su masa molecular media: cuanto menor sea la masa molar media de los ácidos grasos presentes (es decir, cuanto mayor sea la proporción de ácidos grasos de cadena corta), comparando este valor de índice de saponificación con otros aceites (ver anexo 1), se puede ver que esta muy por debajo de valores con respecto a otros aceites de oleaginosas, y esto puede explicar el alto contenido de ácidos grasos de bajo peso molecular lo que se confirma con el análisis composicional por CG-EM, (51).

6.3.2.3 ÍNDICE DE YODO

Según la clasificación de los aceites con base en el índice de yodo del aceite de las semillas de *Solanum quitoense* L, se clasifica como secante (índice de yodo mayor a 120), clasificación en la que también se encuentran algunos aceites de uso alimenticio y cosmético como el aceite de *Ajonjolí* (188 – 103 cg/g), *girasol* (136 – 125 cg/g) y *germen de trigo* (130 - 115 cg/g).

De este valor se puede inferir que, es un aceite con un alto grado de insaturaciones, este es un aspecto importante ya que estudios han determinado que cuanto mayor es el grado de insaturación de un aceite, menor es su viscosidad y mayor su tasa de penetración en la piel reduciendo la pérdida de agua de la piel actuando como un buen agente emoliente, (52).

6.3.2.4 ÍNDICE DE ACIDEZ

El resultado obtenido para el aceite de las semillas de *Solanum quitoense* L fue de 0.3360% en ácido oleico con una desviación estándar de 0,0001, lo que indica una buena reproducibilidad de los datos. Este valor evidencia que el aceite extraído no manifiesta incrementos importantes por efecto de hidrólisis de los triglicéridos

presentes y que las condiciones bajo las cuales se realizó la extracción fueron adecuadas, (53). Además este valor esta dentro del rango permitido para aceites de uso cosmético comparado con el aceite de germen de trigo que tiene como requisito químico un valor máximo de 5% en ácido oleico, (35).

6.3.2.5 ÍNDICE DE PEROXIDOS

El índice de peróxidos del aceite fue 0 meq/Kg, indicando que durante la extracción el aceite no sufrió degradación oxidativa, ya que esta prueba permite detectar la oxidación antes de que se note organolépticamente, lo cual hace confirmar que las condiciones aplicadas en el manejo de la materia prima y para la extracción fueron adecuadas. El bajo índice de peróxidos obtenido pone en manifiesto una alta resistencia de este aceite a la oxidación, la reactividad esta asociada a la presencia de ácidos grasos insaturados así como también de sustancias antioxidantes; este aceite presenta un alto grado de insaturaciones por ello dispone de muchos sitios activos para la oxidación, motivo por el cual es importante realizar otro tipo de análisis químico como por ejemplo: la formación de polímeros, la prueba de anisidina que permite establecer estados avanzados de oxidación; y que permitan determinar con exactitud la estabilidad oxidativa del aceite; por otra parte establecer que compuestos con actividad antioxidante son los responsables de conferir y ayudar a la estabilidad oxidativa del aceite, (53).

6.4 ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE ACEITE

6.4.1 CURVA DE CALIBRACIÓN

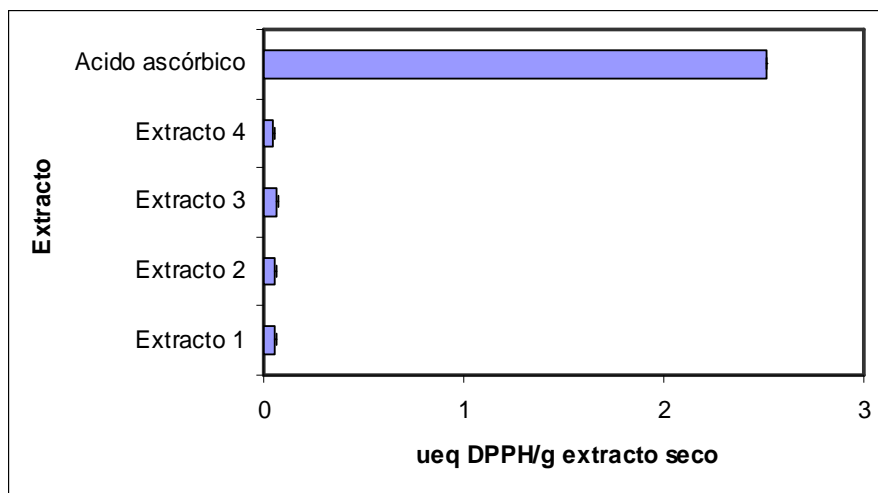
Se realizó la curva de calibración con el radical DPPH^o en metanol y se midió a 517nm (anexo 2), la grafica dio un coeficiente de correlación de $R^2 = 0.9997$.

6.4.2 ACTIVIDAD CAPTORA DE RADICALES LIBRES DEL ACEITE

Se determinó la actividad antioxidante de cuatro muestras de aceite de semillas de *Solanum Quitoense* L variedad La Selva.

Aceite	Gramos de aceite	Ueq. DPPH/g aceite	Ueq. DPPH/g aceite	Ueq. DPPH/g aceite	Promedio	Desviación estándar
Muestra 1	0,00100	0,0391	0,0585	0,0635	0,05	0,0129
Muestra 2	0,00100	0,0512	0,0587	0,0635	0,06	0,0062
Muestra 3	0,00100	0,0555	0,0626	0,0725	0,06	0,0085
Muestra 4	0,00100	0,0536	0,0486	0,0431	0,05	0,0053
Acido ascórbico					2,51	0,0007

TABLA 7. Actividad antioxidante de los extractos del aceite de semillas de *Solanum quitoense* L. y acido ascórbico de 915 ppm.



GRAFICA 1. Actividad antioxidante de los extractos del aceite de lulo (*Solanum quitoense* L.) y acido ascórbico de 915 ppm.

Según los resultados de la actividad antioxidante de las muestras de aceite de semillas de *Solanum Quitoense* L variedad La Selva, que se presentan en la tabla 7, la actividad captora de radicales libres es baja (ver gráfico 1) comparándola con el poder reductor de las semillas de cacao que presenta un valor de 5.80g de acido ascórbico/100g y un alto contenido de fenoles (54). Sin embargo esta baja actividad puede estar contribuyendo a la estabilidad oxidativa del aceite y aumentar su tiempo de vida útil, debido a que este aceite presenta valores bajos de índice de acidez y de peróxidos, sin embargo, se requiere de un seguimiento de estabilidad oxidativa en el tiempo y otros análisis como por ejemplo el contenido de fitoesteroles, fenoles y vitaminas A, C y E, para establecer que tipo de compuestos son los que le confieren estabilidad al aceite.

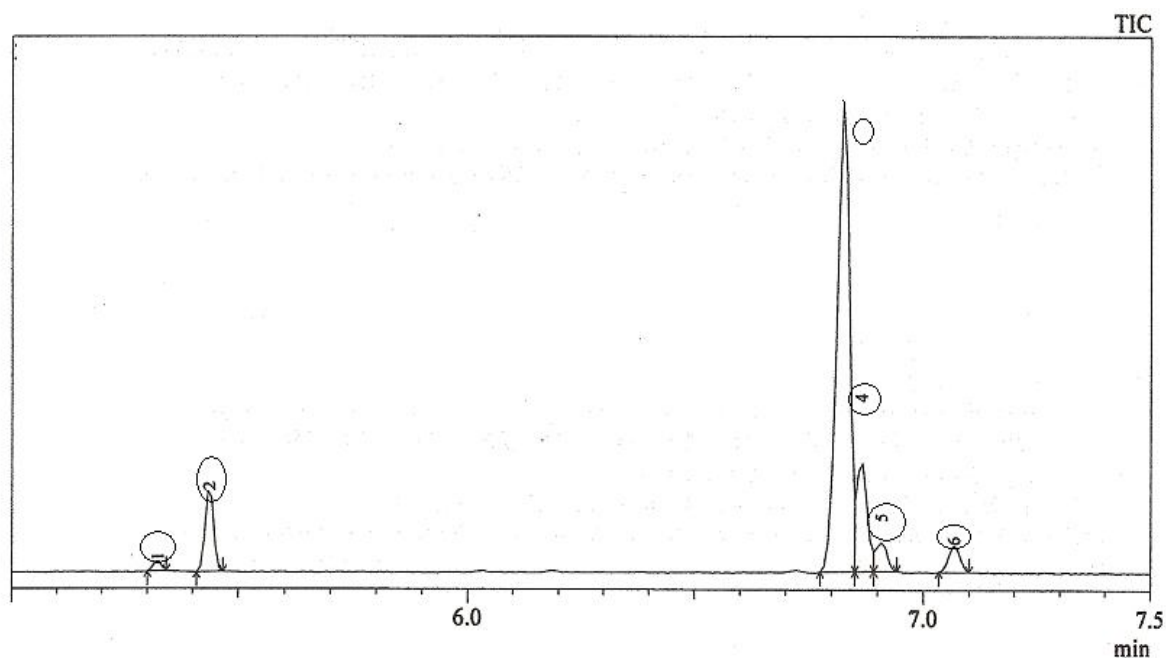
6.5 ANÁLISIS DE LA COMPOSICIÓN DE ACIDOS GRASOS DEL ACEITE

El análisis de los derivados metilados se hizo por CG-EM y el cromatograma obtenido se presenta en la grafica 2, se observan 6 picos que según su espectro de masas (ver anexo 3), y de acuerdo a la comparación del espectro obtenido con la base de datos del equipo se seleccionó el de mayor porcentaje de similitud, que se confirmó con el análisis de los principales fragmentos (ver tabla 9). Los compuestos presentes en la tabla 8, son ácidos grasos saturados y no saturados que van desde el carbono 16 (C_{16:0}) hasta el carbono 18 (C_{18:2}), presentándose en mayor proporción el ácido linoléico (C_{18:2}) (69.72%) con un porcentaje de similitud de 94%, seguido del ácido oleico (E), (C_{18:1}) con una proporción de (12.93%) con un porcentaje de similitud de 87%.

En todos los espectros de masas identificados con porcentajes de similitud mayores al 87% según biblioteca de espectros del equipo utilizado, se puede apreciar que, para: el éster metílico del ácido linoléico identificado presenta un ion molecular m/z de 294 (ver anexo 3) y sus iones principales son m/z 59, 81, 95, los cuales son fragmentos característicos de este compuesto; el m/z 81 indica la presencia de los dobles enlaces de este compuesto. Los esteres metílicos para el ácido palmítico ion molecular (m/z 298) y esteárico ion molecular (m/z 270); presentan pérdidas iguales de los fragmentos que se encuentran en mayor abundancia (m/z 74 y 87), diferenciándose en el ion molecular que representa la masa de cada uno de los compuestos.

Los picos 4 y 5 (ver grafica 2) pertenecen al ácido oleico (E) con un tiempo de retención de 6.864 minutos y ácido oleico (Z) con un tiempo de retención 6.908, estos compuestos se identificaron comparando los espectros con la base de datos del equipo, estos isómeros presentan el mismo patrón de fragmentación y por lo tanto no se aprecian diferencias notables a simple vista, sin embargo, hay un pico en 69 m/z con un porcentaje de abundancia del 70% para el derivado metilado del ácido oleico (E) y un 98% para el derivado metilado del ácido oleico (Z), es aquí donde se propone la diferencia entre los isómeros, ya que los compuestos con isomería trans (donde los sustituyentes están más lejos) son más estables, que los

compuestos con isomería cis, debido a que los sustituyentes con esta configuración se encuentran cerca, lo suficiente para provocar una tensión estérica (espacial) entre los dos sustituyentes voluminosos del mismo lado del doble enlace, haciéndolos menos estables (22,55,56).



GRAFICA 2. Cromatografía de la cantidad relativa (%) de los ácidos del aceite de las semillas de lulo (*Solanum quitoense* L.).

#	ACIDO GRASO	TIEMPO DE RETENCION (min)	% DE AREA
1	LINOLEICO (C _{18:2})	6.826	69.72
2	OLEICO (E) (C _{18:1})	6.864	12.93
3	OLEICO (Z) (C _{18:1})	6.908	3.70
4	ESTEARICO (C _{18:0})	7.067	3.60
5	PALMITICO (C _{16:0})	5.436	8.81
6	PALMITOLEICO (C _{16:1})	5.329	1.24

TABLA 8. Cantidad relativa (%) de ácidos grasos presentes en el aceite de lulo (*Solanum quitoense* L.)

En la tabla 9 se observan las estructuras de los fragmentos mas estables de cada uno de los espectros de masas (ver anexo 3), de los ácidos grasos presentes en el aceite de semillas de *Solanum Quitoense* L variedad La Selva.

Origen	Porcentaje de similitud	m/z	Porcentaje de abundancia	Fragmento
Acido 9,12-octadienoico, metil éster (acido linóleico)	94	67	100%	
		81	91%	
		95	65%	
Acido óleico (E), metil ester.	87	55	100%	
		69	70%	
Acido óleico (Z), metil ester	88	55	100%	
		69	98%	

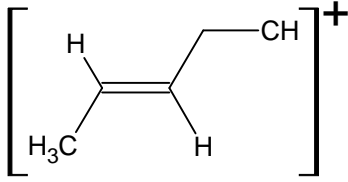
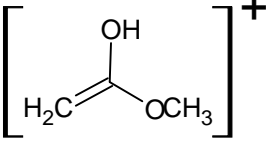
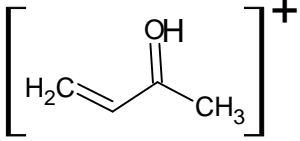
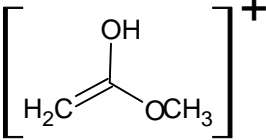
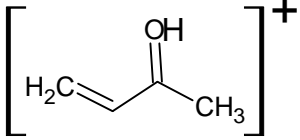
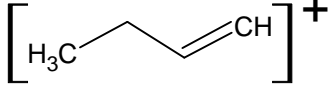
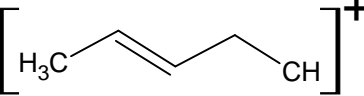
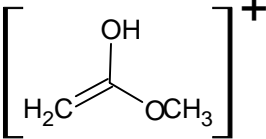
				
Acido esteárico, metil éster (Acido esteárico)	93	74	100%	
		87	74%	
Acido hexadecanoico, metil éster (Acido palmítico)	94	74	100%	
		87	80%	
Acido 9-hexadecanoico, metil éster (acido palmitoleico).	88	55	100%	
		69	90%	
		74	60%	

Tabla 9: Principales fragmentos iónicos más estables de los ácidos grasos presentes en el aceite de *Solanum Quitoense* L variedad La Selva.

En el cromatograma se observa que los picos 3,4 y 5 no presentan una buena separación, motivo por el cual se dificulta la cuantificación del área bajo la curva presente en el cromatograma; por lo tanto, se sugiere para próximos estudios desarrollar un método que permita una mejor separación de estos compuestos.

En comparación con los datos reportados del contenido de ácidos grasos para algunos aceites de uso alimenticio y cosmético se encontró que el aceite de semilla de *Solanum quitoense* L variedad la selva presenta mayor similitud con los aceites de pepita de uva, girasol y cártamo; con mayor proximidad al aceite de pepita de uva de gran uso en la industria cosmética, (57).

La presencia de ácidos grasos como el linoleico es de gran importancia, ya que posee actividad epitelizante en la generación de membrana, en los mecanismos de defensa, el crecimiento, así como en otros procesos biológicos relacionados con la regeneración celular, (52), el ácido linoleico no es sintetizado por el organismo y por lo tanto deben ser adicionados a la dieta o ser adicionados de forma directa. Son necesarios para el crecimiento y el desarrollo, así como para mantener una buena salud. Aunque el cuerpo humano no puede producir estos ácidos grasos, si puede transformarlos en cadenas mas largas, que actúan como elementos estructurales de los eicosanoides, que son precursores de hormonas (como las prostaglandinas). Estas sustancias parecidas a las hormonas son importantes en la formación de membranas celulares e intervienen en la coagulación sanguínea, la cicatrización de heridas y el proceso inflamatorio, es por ello que este aceite es de gran utilidad, [52 ,58].

Los ácidos esteárico, linoleico, oleico y linolénico son compuestos emolientes (son agentes principalmente lípidos y aceites que hidratan, suavizan y mejoran la

flexibilidad de la piel, además reparan la epidermis), que se emplean habitualmente en cosmética y dermofarmacia, (52).

6.6 ANALISIS A LA TORTA RESIDUAL

Según los resultados de la tabla 10, se encuentra que los metales mayoritarios son el potasio (0.5%) y el magnesio (0.4) para las semillas del lulo.

ANALITO	RESULTADOS
<i>Fe (ppm)</i>	28
<i>Mn (ppm)</i>	12
<i>Zn (ppm)</i>	15
<i>Cu (ppm)</i>	5
<i>Ca (%)</i>	0.04
<i>K (%)</i>	0.5
<i>Mg (%)</i>	0.4
<i>P (%)</i>	3.76
<i>Proteína Bruta (N*6.25) (%)</i>	11.08

TABLA 10. Análisis elemental de la torta resultante de la extracción del aceite de las semillas de lulo (*Solanum quitoense* L.).

El contenido de proteína (11.08%) en la muestra analizada es moderada, también el fósforo, hierro, zinc, manganeso, y cobre, se encuentran en cantidades apreciables, [59,60]. En comparación con la normatividad vigente de alimentos para animales resultante de la extracción de los aceites de oleaginosas, La torta resultante de semillas de lulo en cuanto al contenido de proteína, no cumple con los requisitos mínimos establecidos para torta de palmiste (14% mínimo) (61), algodón (43.5% mínimo), (62), ajonjolí (46% mínimo), (63).

Por lo tanto se sugiere la realización de investigaciones posteriores orientadas a definir la utilidad de esta harina residuo de la extracción del aceite, ya que posee proporciones de proteína que puede aprovecharse en la elaboración de alimentos para animales o productos funcionales que requieran de los elementos disponibles de esta torta. (53).

6.7 CARACTERIZACION MICROBIOLOGICA DEL ACEITE DE LULO (*Solanum quitoense* L.)

Como se observa en la tabla 11, al evaluar el aceite de semillas de *Solanum quitoense* L variedad La Selva, después de las 12 horas de extracción, cumplió con totalidad los parámetros evaluados según la norma técnica NTC 4833, pues el recuento de mesófilos, mohos, levaduras, coliformes y *S. aureus*, no sobrepasaron el limite establecido y cumple con lo exigido a insumos cosméticos en general y para bebe.

Microorganismos	Cosméticos para bebe (UFC/mL)	Cosméticos en general (UFC/mL)	Resultado	Cumple
Mesòfilos	< 100	< 1000	< 10	Si
Mohos y levaduras	< 100	< 1000	< 10	Si
Coliformes totales	Ausencia total	Ausencia total	< 3 NMP Bac/mL	Si
Coliformes fecales	Ausencia total	Ausencia total	< 3 NMP Bac/mL	Si
S. aureus	Ausencia total	Ausencia total	< 10	Si

TABLA 11. Caracterización microbiológica del aceite de lulo (*Solanum quitoense* L.).

7. CONCLUSIONES

- Se caracterizo por primera vez el aceite de semillas de *Solanum quitoense* L de la variedad La Selva, de acuerdo a la caracterización física realizada el aceite presenta una densidad de 0,9075g/mL; y un índice de refracción tomado a 25⁰C de 1,4663; y en cuanto a la caracterización química tiene un índice de saponificación de 46.76 meq NaOH/Kg y el índice de yodo de 123.28 cg de I₂/g indicando que el aceite es no secante y posee un alto contenido de insaturaciones.
- El porcentaje de rendimiento del aceite para las semillas del lulo (*Solanum quitoense* L.) fue de 11.03%.
- El aceite de lulo no presento un alto contenido de peróxidos así como de valores elevados del índice de acidez, lo cual indica que los aceites analizados no sufren ningún proceso de degradación oxidativa durante la extracción, manteniendo estable sus triglicéridos.
- De acuerdo a la composición de los ácidos grasos del aceite por CG-EM, se encontró una mayor proporción en ácidos grasos insaturados (87.59%) que de saturados (12.41%), y que el principal acido presente en el aceite es el acido linóleico (69.72%).
- En comparación con la cantidad relativa de ácidos grasos de algunos aceites se encontró que el aceite de las semillas del lulo presentan mayor similitud con el aceite de pepita de uva o aceite de *Vitis vinífera*.

8. RECOMENDACIONES

- Hacer un seguimiento de degradación del aceite de lulo (*Solanum quitoense* L.) para determinar su grado de conservación, empleando diferentes condiciones de almacenamiento.
- Es necesario hacer un estudio financiero que determine la viabilidad de la comercialización del aceite de lulo (*Solanum quitoense* L.).
- Realizar un estudio al aceite como agente antimicrobiano u otro tipo de actividad biológica, ya que cuando se realizó el análisis preliminar microbiológico al aceite no se encontraron colonias en el conteo.
- Realizar un análisis a la fracción no saponificable y determinar que tipo de compuestos y micronutrientes se encuentran en el aceite.
- Realizar un estudio exhaustivo de los compuestos minoritarios del aceite (por ejemplo vitamina E, fitoesteroles, fenoles, etc.) para establecer la relación que pueda tener esta con la gran estabilidad del aceite ya que el aceite presenta una gran estabilidad en el tiempo, y permita conocer con totalidad la composición química del aceite.
- Estos resultados constituyen un primer estudio exploratorio de caracterización química y física del aceite y la torta residual, por lo tanto se hace necesario complementarlo con otros estudios, tanto desde el punto de

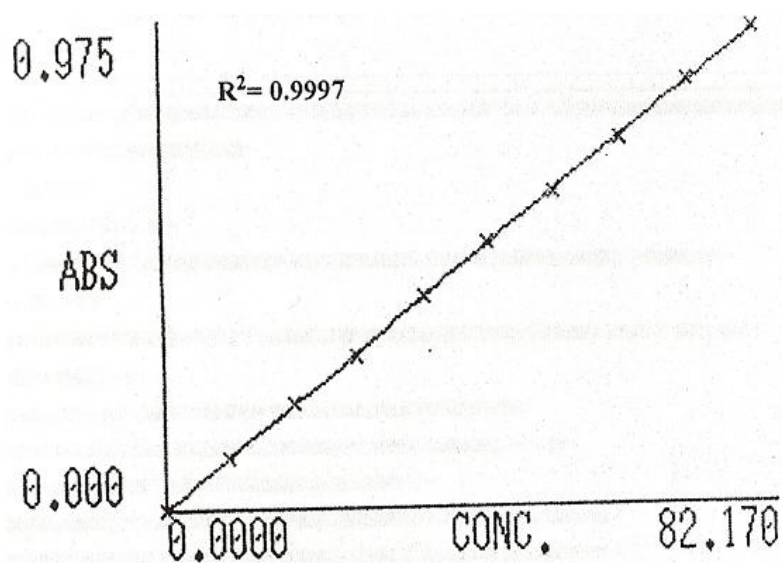
vista toxicológico y nutricional como de propiedades físicas, a fin de explorar futuras aplicaciones alimenticias, cosméticas, industriales etc.

ANEXO 1: Tabla de diferentes propiedades físicas y químicas de algunos aceites.

ACEITE	DENSIDAD (g/mL)	INDICE DE REFRACCIÓN N 25°C	INDICE DE SAPONIFICACION N	INDICE DE YODO	NORMA CONTE C
<i>COCO</i>	0.919- 0.917	1.4500 - 1.4480	264 – 250	10.5 – 7.5	252
<i>AJONJOLI</i>	0.921- 0.916	1.4740 - 1.4700	195 – 188	188 – 103	256
<i>ALGODÓN</i>	0.918- 0.916	1.4720 - 1.4680	198 – 189	113 – 99	257
<i>MANI</i>	0.915- 0.909	1.4700 - 1.4670	205 – 195	100 – 80	264
<i>OLIVA</i>	0.915- 0.909	1.4698 - 1.4715	195 – 188	83 – 80	258
<i>GIRASOL</i>	0.918- 0.915	1.4750 - 1.4710	254 – 248	136 – 125	264
<i>PALMISTE (Semilla de la palma africana)</i>	0.913- 0.900	1.4520 - 1.4990	182 – 176		260
<i>BABASU</i>	0.918	1.450	200 – 170	17 – 13	263
<i>CASTOR</i>	0.961	1.477		88 – 83	1529
<i>GERMEN DE TRIGO</i>	0.918- 0.933	1.469 - 1.478		130 - 115	3758

TABLA 12. Propiedades físicas y químicas de algunos aceites.

ANEXO 2: Curva de calibración con DPPH^o en metanol y se midió a 517nm.



GRAFICA 3. Curva de calibración del DPPH^o en MeOH.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]. SERVICIO DE INFORMACIÓN AGROPECUARIA DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERÍA DEL ECUADOR. "Estudios de Mercado para Frutas y Hortalizas Seleccionadas", Francisco Ferrucci Péndola, Consultor IICA/PROCIANDINO. (consultado 21 de abril de 2008). Tomado de página web: <http://www.sica.gov.ec/agronegocios/productos%20para%20invertir/frutas/naranjilla/iica.htm>
- [2]. Boletín Trópico No. 5. Octubre 1999; Corporación Colombia Internacional CCI-Desarrollo Tecnológico. Manejo agronómico del cultivo de lulo. (consultado 21 de abril de 2008). Tomado de página web: http://www.drcalderonlabs.com/Cultivos/Lulo/Cultivo_de_Lulo_2.htm
- [3]. MINISTERIO DE EDUCACION. Gobernación de Risaralda. Comunicado de prensa. Pereira, 2007-06-28 (consultado 29 de agosto de 2007). Tomado de página web. http://www.mineduccion.gov.co/cvn/1665/articles-122917_archivo_pdf.pdf.
- [4]. Gallego, G. Romero, M. Botero, M. Franco, G. Pérez, J. Morales, J. Gallego, J. Echeverry, D. Zonificación, caracterización y tipificación de los sistemas de producción de lulo (*Solanum quitoense* L) en el eje cafetero. Revista CORPOICA. Volumen 5 No 1. Octubre de 2004.
- [5]. Hunziker AT. 1977 Estudios sobre Solanaceae: Novedades varias sobre tribus, generos, secciones y especies de Sud America. Kurtziana 10. 7 - 50 (1977).
- [6]. Zapata, L. Gerard, L. Davies, C. Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates. Ciencia, Docencia y Tecnologia, Universidad Nacional de Entre Rios Noviembre, 2007, volumen 18 numero 035, pagina 175-193.

-
- [7]. Zigadlo, J. Variación en la composición de ácidos seminales en algunas especies de *solanum* (*Solanaceae*). Universidad de Murcia. Anales de biología, 19 (biología vegetal, 8). 1993: 71-78.
- [8]. Osorio, C. Duque, C. Batista-Viera, F. Studies on aroma generation in lulo (*Solanum quitoense*): enzymatic hydrolysis of glucosides from leaves. Food Chemistry. 2003. 81. paginas 303-340.
- [9]. Gancel, A. Alter, P. Ruales, J. Identifying Carotenoids and Phenolic Compounds In Naranjilla (*Solanum quitoense* Lam. Var. Puyo Hybrid), an Andean Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2008 56 (24), 11890-11899.
- [10]. Acosta O, Pérez AM, Vaillant F. Chemical characterization, antioxidant properties, and volatile constituents of naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) cultivated in Costa Rica. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. archivos latinoamericanos de nutrición. 2009 Mar;59(1):88-94.
- [11]. Tafurt, G. Castillo, J. Vargas, Y. Kouznetsov, V. Martínez, J. Stashenko, E. Evaluación de la capacidad antioxidante *In Vitro* de bencilaminas y aceites esenciales utilizando los ensayos con ABTS y DPPH. C. Goancales et al / *Phytochemistry*. 2005. 66. páginas 89-98.
- [12]. Brad-Williams, M.E. Cuvelier and C. Berset. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food science and technology*, 1995. 28 (1): p 25-30.
- [13]. Rivera, D. Actividad antioxidante de algunas especies de la familia melastomataceae. Pereira 2006. Tesis de grado. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química.
- [14]. García, N. Moncada, M. Estudio microbiológico del aceite de luffa cylindrica para su potencial uso en la industria cosmética. Pereira 2006. Tesis de grado. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química.
- [15]. Builes, A; Marulanda, A. Aprovechamiento de la crisálida o popa de seda *Bombix Mori* L, para la obtención de aceite y sus derivados. Pereira 2003. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química.
- [16]. Días, F. Amaya, I. Extracción y caracterización del aceite de luffa cilíndrica con o sin beneficio procedentes de dos diferentes departamentos del país. Pereira 2005. Tesis de grado. Universidad tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de Química.

[17]. Fory, Paola. Caracterización y análisis molecular de la diversidad genética de la colección Colombiana de lulo (*Solanum quitoense* LAM) y seis especies relacionadas de la sección *Lasiocarpa*. Palmira 2005. Tesis de grado. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de ciencias agropecuarias. Escuela de posgrados. Sede Palmira.

[18]. Angulo, R. Lulo: El cultivo, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Enero 2006. Páginas 12-13.

[19]. http://www.corpoica.org.co/Archivos/Revista/3SistemasProdLulo_pp22-30_RevCorpo_v5n1.pdf. (consultado 21 de abril de 2008).

[20]. Chaparro, A. Lulo generalidades del producto. Corporación Colombiana internacional. Grupo inteligencia de Mercados. Publicación 41. http://sisav.valledelcauca.gov.co/CADENAS_PDF/HORTOFRUTICOLA/Lulo%20perfil%20de%20producto.CCI.pdf. (consultado 19 julio 2009)

[21]. Aceites Sabor Sur. Glosario técnico. <http://www.aceites-saborsur.es/es/glosario.html>. (consultado 18 de julio 2009).

[22]. MCMURRY, John. Química orgánica. Quinta edición. Editorial Thomson. p.1119.

[23]. http://www.areagratis.com/descargasmd/apuntes-trabajos/eso/ciencia_tecnologia_sociedad/descargar_aceites_vegetales.pdf

[24]. Muñoz, M. Síntesis y caracterización de geles como vehículos de meloxicam y acetato de vitamina e de aplicación tópica terapéutica y cosmética. Granada 2005. Tesis doctoral. Universidad de Granada. Facultad de farmacia. Departamento de farmacia y tecnología farmacéutica.

[25]. SERRA, E; TRIBÓ, M. Antioxidantes.1999. (Citado 16 may 2009). Disponible en Internet: <http://www.actualidaddermatol.com/art2197.pdf>. p.24-26.

[26]. RODRIGUEZ. Gisela. Funciones de la vitamina E en la nutrición humana. En: Revista cubana: Instituto de Nutrición e Higiene de los Alimentos. No. 1158.(1999). (Citado 16 may 2009). Disponible en Internet: http://bvs.sld.cu/revistas/ali/vol11_1_97/ali07197.htm.

[27]. National institutes of health. Vitamin E. (Citado 16 may 2009). Disponible en Internet: <http://ods.od.nih.gov/FACTSHEETS/VITAMINE.ASP>

-
- [28]. FARR´E, R; GARC´IA, G and LAGARDA, M. Analysis of phytosterols in foods. (Consultado 16 may 2009). Disponible en Internet: <http://www.sciencedirect.com>. p.1486, 1488.
- [29]. RONCO, Ana; VALENZUELA, Alfonso. Fitoesteroles y fitoestanoles: aliados naturales para la protecci3n de la salud cardiovascular. (Citado 17 may 2009).p. 5,6.
- [30]. Ortiz, Marcela; RATNER, Rinat. Fitoesteroles: una alternativa natural al tratamiento de la hipercolesterolemia. (Citado 17 may 2009). p. 26, 27 y 28.
- [31] DRAGO, Maria; L3PEZ, Marisol; SA3NZ, Teresita. Componentes bioactivos de alimentos funcionales de origen vegetal. En: revista mexicana de ciencias farmac3uticas. Volumen 37, No. 4. Octubre - diciembre 2006. p.61, 62.
- [32]. CREUS, EVA. Compuestos fen3licos. Un an3lisis de sus beneficios para la salud. Junio 2004. (Citado 1 mar 2009). p. 81
- [33]. Evaluaci3n de las variedades m3s promisorias para la producci3n de aceite vegetal y su potencial implementaci3n en Colombia. Corporaci3n para el desarrollo industrial de la biotecnolog3a y producci3n limpia CORPODIB. Tomado de p3gina web.<http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/Biodiesel/Capitulo%202.pdf>.
- [34]. Norma Colombiana ICONTEC 1529, Aceite puro de Castor (Aceite de Ricino) para la industria de cosm3ticos. Editada por el instituto Colombiano de Normas T3cnicas y Certificaci3n, Santa Fe Bogot3, D.C.
- [35]. Norma Colombiana ICONTEC 3758, Productos para la industria de cosm3tica. Editada por el instituto Colombiano de Normas T3cnicas y Certificaci3n, Santa Fe de Bogot3, D.C.
- [36]. CARDONA, Leonardo; GONZALEZ, Paula A; Obtenci3n y caracterizaci3n de la oleorresina del ajo (*ALLIUM SATIVUM*). Pereira 2007.Tesis de grado. Universidad Tecnol3gica de Pereira. Facultad de Tecnolog3as.
- [37]. FRAZIER, V. C y WESTHOFF, D.C. Microbiolog3a de los alimentos. Tercera edici3n. Editorial Acribia, Zaragoza 1985.
- [38]. Diagn3stico microbiol3gico, Texto y atlas color, Editorial Medica Panamericana, Tercera Edici3n.

[39]. Norma Técnica Colombiana ICONTEC 4833, Industria de cosméticos y de tocador. Métodos de ensayos microbiológicos para productos cosméticos. Editada por el instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (), Bogotá, D.C.

[40] HOLLER, F; NIEMAN, T and SKOOG, D. Principios de análisis instrumental. Quinta Edición. Madrid, España. Editorial.McGraw-Hill. 2001. p.731, 759, 762, 763, 765-769, 794-799, 811, 812,825.

[41]. RUBINSON, K; RUBINSON, J; Análisis instrumental. Pearson Educación, S. A. Madrid (2001).

[42]. Norma Colombiana ICONTEC 336. Grasas y aceites. Método de determinación de la densidad. Instituto Colombiano de Normas Técnicas. Santa Fe de Bogota.

[43]. Norma Colombiana ICONTEC 286. Grasa y aceites. Método de determinación del índice de refracción. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa Fe de Bogota.

[44]. Norma Colombiana ICONTEC 218. Grasa y aceites. Método de determinación del índice de acidez. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa Fe de Bogota.

[45]. Norma Colombiana ICONTEC 283. Grasa y aceites. Método de determinación del índice de yodo. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa Fe de Bogota.

[46]. Norma Colombiana ICONTEC 335. Grasa y aceites. Método de determinación del índice de saponificación. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa Fe de Bogota.

[47]. Norma Colombiana ICONTEC 236. Grasa y aceites. Método de determinación del índice de peróxidos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa Fe de Bogota.

[48]. LOPEZ, V, Juan. Estandarización de la técnica de cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas para la identificación y cuantificación de metilesteres de ácidos. Proyecto de grado. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA. PEREIRA 2008.

[49]. Manual de Laboratorio para Análisis de Foliares. Disciplina de química agrícola. Centro Nacional de Investigaciones del café CENICAFE. Chinchina 1997.

-
- [50]. Goktuk, N. Ozkan, G. Serna, E. Caracterización de extractos de aceite de orujo y pepita de uva. *Grasas y Aceites*, volumen 58, No 1, 2007.
- [51]. MATISSEK, Reinhard; SCHENEPEL, Frank-M; STEINER, Gabriele. Análisis de los alimentos. Zaragoza España. Editorial, Acriba, S.A. 2000.p.32, 33, 44, 45, 46, 47, 49,51, 335, 341,344-348.
- [52]. Aceite de rosa mosqueta, Composición y aplicaciones dermocosméticas. (Consultado 7 de octubre de 2008). Tomado de pagina web.
<http://external.doyma.es/pdf/4/4v27n06a13123521pdf001.pdf>
- [53]. Belen, D, Lopez, I. Barranco, J. Caracterizacion fisicoquímica del aceite de semilla de Piritu (*Bactris piritu*). *Grasas y Aceites*, volumen 55, Fasc 2, 2004, 138-142.
- [54]. Padilla, F. Rincon, A. Bou-Rached, L. Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. Universidad Central de Venezuela, Facultad de farmacia, Unidad de análisis de alimentos. Caracas, Venezuela archivos latinoamericanos de nutrición. Vol: 58 No 3, 2008.
- [55]. Gottlieb, O. Filho, R. Craveiro, A. Introducción a la espectrometría de masa de sustancias orgánicas. Organización de los Estados Americanos.
- [56]. Silverstein, R. Webster, F. Spectrometric identification of organic compounds. Sixth edition. Wiley-India Edition..
- [57]. Buedo, A. Características de los aceites vegetales. *Grasas y aceites en nuestra dieta*. La Plata, 2008.
- [58]. Giraldo, A. Henao, D. Caracterizaciones físicas y químicas del aceite de las crisálidas recién sacrificadas *bomix mori* L. de la raza japonesa (KO5 x K30). Pereira 2006. Tesis de Tecnología Química. Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnología. Escuela de química.
- [59]. Nolasco, S. Quiroga, O. Pereyra, A. Wiese, B. Caracterizacion química del aceite y harina residual de *solanum sisymbriifolium* lam. *Grasas y Aceites*, volumen 52, Fas 2, 2001, 123-126.
- [60]. Reina, C. Araujo C. Manrique, I. Manejo postcosecha y evaluación de la cantidad del lulo (*Solanum quitoense*) que se comercializa en la ciudad de Neiva. Neiva 1998. Universidad Surcolombiana, Facultad de ingeniería, Programa de Ingeniería agrícola.

[61]. NORMA COLOMBIANA ICONTEC 770-1. Alimento para animales. Torta de palmiste. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa Fe de Bogota.

[62]. NORMA COLOMBIANA ICONTEC 770-1. Alimento para animales. Torta de algodón. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa Fe de Bogota.

[63] NORMA COLOMBIANA ICONTEC 770-1. Alimento para animales. Torta de ajonjolí. Instituto Colombiano de Normas Técnicas, Santa Fe de Bogota.