



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS EXTRACTOS OBTENIDOS DE LA HOJA Y  
EL FRUTO DEL JOCOTE DEL DIABLO (*Ximenia americana* L.) EMPLEANDO COMO  
SOLVENTE DE EXTRACCIÓN SOLUCIONES DE ALCOHOL ETÍLICO-AGUA, A ESCALA  
LABORATORIO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UNA CREMA  
DERMATOLÓGICA**

**Luis Emilio Garcia Laj**

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales  
e Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, julio de 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS EXTRACTOS OBTENIDOS DE LA HOJA Y  
EL FRUTO DEL JOCOTE DEL DIABLO (*Ximenia americana* L.) EMPLEANDO COMO  
SOLVENTE DE EXTRACCIÓN SOLUCIONES DE ALCOHOL ETÍLICO-AGUA, A ESCALA  
LABORATORIO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UNA CREMA  
DERMATOLÓGICA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LUIS EMILIO GARCIA LAJ**

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES  
E ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, JULIO DE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Luis Diego Aguilar Ralón
VOCAL V	Br. Christian Daniel Estrada Santizo
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Julio David Vargas García
EXAMINADORA	Inga. Adela María Marroquín González
EXAMINADORA	Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

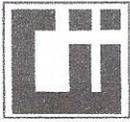
## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LOS EXTRACTOS OBTENIDOS DE LA HOJA Y EL FRUTO DEL JOCOTE DEL DIABLO (*Ximenia americana* L.) EMPLEANDO COMO SOLVENTE DE EXTRACCIÓN SOLUCIONES DE ALCOHOL ETÍLICO-AGUA, A ESCALA LABORATORIO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UNA CREMA DERMATOLÓGICA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química. con fecha 27 de mayo de 2016.

  
**Luis Emilio Garcia Laj**



Guatemala, 30 de agosto de 2018

Ingeniero  
Carlos Salvador Wong Davi  
Director Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Estimado Ingeniero Wong:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del trabajo de graduación titulado **“CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS EXTRACTOS OBTENIDOS DE LA HOJA Y EL FRUTO DEL JOCOTE DEL DIABLO (*Ximenia americana* L.) EMPLEANDO COMO SOLVENTE DE EXTRACCIÓN SOLUCIONES DE ALCOHOL ETÍLICO-AGUA, A ESCALA LABORATORIO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UNA CREMA DERMATOLÓGICA”**, del estudiante de Ingeniería Química Luis Emilio García Laj quien se identifica con CUI No. 2420 51049 0101 y registro académico número 2012-13048.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

Ing. Qco. Mario José Mérida Meré  
PROFESOR INVESTIGADOR  
Escuela de Ingeniería Química/USAC  
JEFE



INGENIERO QUÍMICO  
Mario José Mérida Meré  
Colegiado 1411

Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –LIEXVE–  
Sección Química Industrial CII / USAC  
Asesor

Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales  
Profesora Investigadora Titular IX  
Sección Química Industrial  
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC  
Asesora



INGENIERA QUÍMICA  
Telma Maricela Cano M.  
Colegiada 433



Guatemala, 21 de noviembre de 2018.  
Ref. EIQ.TG-IF.062.2018.

Ingeniero  
Carlos Salvador Wong Davi  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química  
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **013-2016** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

**INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
**-Modalidad Seminario de Investigación-**

Solicitado por el estudiante universitario: **Luis Emilio García Laj.**  
Identificado con el CUI: **2420 51049 0101.**  
Identificado con registro académico: **2012-13048.**  
Previo a optar al título de **INGENIERO QUÍMICO.**

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

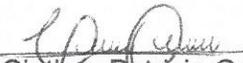
**CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE LOS EXTRACTOS OBTENIDOS DE LA HOJA Y EL FRUTO DEL JOCOTE DEL DIABLO (*Ximenia americana* L.) EMPLEANDO COMO SOLVENTE DE EXTRACCIÓN SOLUCIONES DE ALCOHOL ETÍLICO-AGUA, A ESCALA LABORATORIO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UNA CREMA DERMATOLÓGICA**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales** y **Mario José Mérida Meré.**

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



  
Inga. Cinthya Patricia Ortiz Quiroa  
COORDINADORA DE TERNA  
Tribunal de Revisión  
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.046.2019

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **LUIS EMILIO GARCÍA LAJ** titulado: **"CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS EXTRACTOS OBTENIDOS DE LA HOJA Y EL FRUTO DEL JOCOTE DEL DIABLO (*Ximenia americana* L.) EMPLEANDO COMO SOLVENTE DE EXTRACCIÓN SOLUCIONES DE ALCOHOL ETÍLICO-AGUA, A ESCALA LABORATORIO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UNA CREMA DERMATOLÓGICA"**.  
Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

*"Id y Enseñad a Todos"*

Ing. Williams G. Álvarez Mejía; M.I.Q., M.U.I.E  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, julio 2019

Cc: Archivo  
WGAM/ale



DTG. 318.2019

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DE LOS EXTRACTOS OBTENIDOS DE LA HOJA Y EL FRUTO DEL JOCOTE DEL DIABLO (Ximenia americana L.) EMPLEANDO COMO SOLVENTE DE EXTRACCIÓN SOLUCIONES DE ALCOHOL ETÍLICO-AGUA, A ESCALA LABORATORIO, PARA SU APLICACIÓN EN LA FORMULACIÓN DE UNA CREMA DERMATOLÓGICA**, presentado el estudiante universitario: **Luis Emilio García Laj**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Aurelia Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, julio de 2019

/gdech



## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** El ser más importante en mi vida, pues gracias a Él soy quien soy, estoy donde estoy y tengo lo que tengo.
- Mis padres** Silvia Beatriz Laj González y Arturo Emilio García Monzón, por todo su apoyo y su cariño que el día de hoy se ve reflejado. Todo lo que he logrado es gracias a ustedes.
- Tía Miriam Laj** Porque sé que, aunque no estás aquí físicamente, estás siempre en mi corazón. Tú fuiste la inspiración para este trabajo de investigación.
- Mis abuelos** Porque siempre fueron una parte importante en mi vida, y los llevo con mucho cariño en mi corazón.
- Mi familia** A mis hermanas, tíos y primos muchas gracias por su amor incondicional.

## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser más que mi casa de estudios, mi segundo hogar.
<b>Facultad de Ingeniería</b>	Por ser el lugar donde adquirí los conocimientos para desempeñarme como un profesional.
<b>Mi madre</b>	Silvia Beatriz Laj González, porque desde que era un niño te preocupaste por mi educación y porque hoy soy quien soy por ti.
<b>Mi padre</b>	Arturo Emilio García Monzón, por tu apoyo incondicional y por siempre estar ahí cuando te necesito. Gracias por despertar en mí el interés por la ingeniería.
<b>Mi familia</b>	A mis hermanas, tíos, primos y abuelos, por su cariño y por ser tan especiales. Los quiero mucho a todos.
<b>Mis amigos</b>	Con quienes tuve la oportunidad de compartir en los salones de clase, en especial, a Alejandra Sosa, Aarón Bendfeldt, Derick Carrera, Gerson Ortega, Pablo José Rosales, Mariajosé Durán y Natalia Valdés. <i>Ich danke euch.</i>

**Mis asesores**

Ingeniera Telma Cano e Ingeniero Mario Mérida, por su amistad y su ayuda para la elaboración del presente estudio.

**Asociación de mujeres**

***K'o Samuj Junan***

Por el apoyo brindado en la adquisición de materia prima y por abrirme las puertas en el municipio de San Martín Jilotepeque, Chimaltenango, en especial a Verónica Mutzus.

**Mi revisora**

Ingeniera Cynthia Patricia Ortiz Quiroa, por su amistad y dedicación en la revisión del presente estudio

**Laboratorio de  
Investigación de  
productos Naturales  
(LIPRONAT)**

Por darme la oportunidad de realizar el tamizaje fitoquímico en sus instalaciones, en especial a la Doctora Sully Cruz, Jaqueline Alvarado y Akassia Hengstenberg.

**Laboratorio de  
Investigación Extractos  
Vegetales (LIEXVE)**

Por permitirme realizar mi estudio de tesis en sus instalaciones y por todos los momentos agradables.

**Laboratorio de Análisis  
Fisicoquímicos (LAFIQ)**

Por abrirme las puertas para la realización de pruebas para el presente estudio, en especial a la Licda. Ingrid Benítez.

**Laboratorio de Farmacia  
Industrial (USAC)**

Por la atención brindada y abrirme las puertas en sus instalaciones, en especial al Lic. Estuardo Serrano.

# ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XI
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XXVII
GLOSARIO .....	XXIX
RESUMEN.....	XXXIII
OBJETIVOS.....	XXXV
HIPÓTESIS.....	XXXVII
INTRODUCCIÓN .....	XXXIX
1. ANTECEDENTES .....	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Extractos.....	5
2.1.1. Extracción sólido-líquido.....	5
2.1.1.1. Maceración .....	5
2.1.1.1.1. Maceración estática.....	6
2.1.1.1.2. Maceración dinámica.....	6
2.1.1.2. Lixiviación .....	6
2.1.2. Variables del proceso extractivo .....	7
2.1.2.1. Dispersión de la materia prima .....	7
2.1.2.2. Agitación.....	7
2.1.2.3. Temperatura .....	7
2.1.2.4. pH.....	7
2.1.2.5. Naturaleza del solvente .....	8
2.1.2.6. Tiempo de extracción .....	8
2.1.3. Tipos de extractos .....	8

	2.1.3.1.	Extracto fluido.....	8
	2.1.3.2.	Extractos blandos.....	9
	2.1.3.3.	Extracto seco.....	9
	2.1.3.4.	Extractos purificados.....	9
	2.1.3.5.	Extractos glicólicos.....	10
2.2.		Medicina maya.....	10
	2.2.1.	Plantas medicinales mayas.....	10
2.3.		Lípidos.....	11
	2.3.1.	Lípidos sencillos.....	11
	2.3.2.	Lípidos complejos.....	12
2.4.		Glicéridos.....	13
	2.4.1.	Ácidos grasos.....	13
		2.4.1.1. Clasificación.....	14
		2.4.1.2. Propiedades físicas.....	14
	2.4.2.	Esteroides.....	15
	2.4.3.	Terpenos.....	16
		2.4.3.1. Características.....	17
		2.4.3.2. Clasificación.....	18
		2.4.3.2.1. Monoterpenos.....	18
		2.4.3.2.2. Diterpenos.....	18
		2.4.3.2.3. Sesquiterpenos.....	19
		2.4.3.2.4. Triterpenos.....	19
		2.4.3.2.5. Tetraterpenos.....	19
2.5.		Carbohidratos.....	19
	2.5.1.	Clasificación.....	20
		2.5.1.1. Monosacáridos.....	20
		2.5.1.2. Disacáridos.....	20
		2.5.1.3. Polisacáridos.....	21
	2.5.2.	Glicósidos cianogénicos.....	21

2.6.	Ximenia americana L.....	22
2.6.1.	Límites biofísicos y requerimientos climáticos .....	28
2.6.2.	Principios activos .....	28
2.6.3.	Actividad biológica .....	29
2.6.3.1.	Actividad antimicrobiana y antifúngica .....	29
2.6.3.2.	Actividad analgésica .....	30
2.6.3.3.	Actividad antipirética .....	30
2.6.3.4.	Actividad anticancerígena.....	30
2.6.3.5.	Actividad antivírica.....	31
2.6.4.	Efectos hepáticos y hematológicos.....	31
2.6.5.	Toxicidad .....	32
2.6.6.	Composición en alimentos y uso cosmético .....	32
2.6.7.	Otros compuestos aislados.....	33
2.6.8.	Productos.....	36
2.6.8.1.	Alimentos.....	36
2.6.8.2.	Combustible.....	37
2.6.8.3.	Taninos.....	37
2.6.8.4.	Lípidos .....	37
2.6.8.5.	Aceite esencial.....	37
2.6.8.6.	Alcohol.....	38
2.6.8.7.	Veneno .....	38
2.6.8.8.	Medicina .....	38
2.6.8.9.	Otros productos .....	39
2.7.	Dermatología .....	39
2.7.1.	Historia .....	39
2.7.2.	Definición de dermatología .....	39
2.7.3.	Excipiente .....	40
2.7.4.	Tratamientos tópicos .....	41

2.7.5.	Formas farmacéuticas.....	41
2.7.5.1.	Soluciones.....	41
2.7.5.2.	Geles.....	42
2.7.5.3.	Ungüentos y pomadas .....	42
2.7.5.4.	Cremas.....	42
2.7.5.5.	Polvos.....	43
2.7.6.	Preservantes .....	43
2.7.7.	Control microbiológico.....	44
2.8.	Control de calidad .....	45
2.9.	Formulación cualitativa de la crema dermatológica .....	45
2.9.1.	Ingredientes.....	46
3.	DISEÑO METODOLÓGICO.....	47
3.1.	Localización .....	47
3.2.	Variables .....	48
3.2.1.	Variables independientes .....	48
3.2.2.	Variables dependientes.....	49
3.2.3.	Variable de respuesta .....	50
3.3.	Delimitación del campo de estudio.....	51
3.3.1.	Obtención de la materia prima .....	51
3.3.2.	Caracterización botánica de la especie.....	51
3.3.3.	Secado de la materia prima.....	51
3.3.4.	Obtención de los extractos etanólicos.....	52
3.3.5.	Análisis fisicoquímico de los extractos .....	52
3.3.6.	Análisis cualitativo de los extractos de la hoja de <i>Ximenia americana</i> L.....	52
3.3.7.	Análisis cuantitativo de los extractos de la semilla del fruto de <i>Ximenia americana</i> L.....	53
3.3.8.	Formulación y control de la crema dermatológica ...	53

3.3.9.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica .....	54
3.3.10.	Recursos humanos disponibles .....	54
3.3.11.	Recursos materiales disponibles .....	54
3.3.11.1.	Materia prima y reactivos.....	55
3.3.11.2.	Instrumentos de laboratorio, cristalería y recursos generales.....	55
3.3.11.3.	Instrumentos de medición y equipo auxiliar .....	57
3.4.	Técnica cualitativa y cuantitativa .....	65
3.4.1.	Secado de la materia prima.....	66
3.4.2.	Obtención de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto de <i>Ximenia americana</i> L. utilizando la técnica de maceración dinámica, a escala laboratorio .....	67
3.4.3.	Cálculo de la densidad del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto de <i>Ximenia americana</i> L.....	68
3.4.4.	Medición del índice de refracción del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto de <i>Ximenia americana</i> L. ....	68
3.4.5.	Medición del potencial de hidrógeno del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto de <i>Ximenia americana</i> L. ....	69
3.4.6.	Tamizaje fitoquímico.....	69
3.4.6.1.	Investigación de alcaloides.....	70
3.4.6.1.1.	Ensayos macro y semimicro .....	70

	3.4.6.1.2.	Cromatografía en capa fina.....	70
	3.4.6.1.3.	Preparación de la placa cromatográfica .....	71
	3.4.6.1.4.	Fase móvil.....	71
	3.4.6.1.5.	Desarrollo de la placa cromatográfica .....	72
	3.4.6.1.6.	Detección .....	72
3.4.6.2.		Investigación de flavonoides .....	72
	3.4.6.2.1.	Ensayos macro y semimicro.....	72
	3.4.6.2.2.	Cromatografía en capa fina.....	73
	3.4.6.2.3.	Preparación de la placa .....	74
	3.4.6.2.4.	Fase móvil.....	74
	3.4.6.2.5.	Desarrollo de la placa ...	75
	3.4.6.2.6.	Detección .....	75
3.4.6.3.		Investigación de taninos .....	76
	3.4.6.3.1.	Ensayos macro y semimicro.....	76
	3.4.6.3.2.	Cromatografía en capa fina.....	77
	3.4.6.3.3.	Preparación de la placa .....	77
	3.4.6.3.4.	Fase móvil.....	77
	3.4.6.3.5.	Desarrollo de la placa ...	78
	3.4.6.3.6.	Detección .....	78
3.4.6.4.		Investigación de antraquinonas.....	78

	3.4.6.4.1.	Prueba de Borntträger ...	79
	3.4.6.4.2.	Prueba de Borntträger modificado .....	79
	3.4.6.4.3.	Cromatografía en capa fina .....	79
	3.4.6.4.4.	Preparación de la placa .....	80
	3.4.6.4.5.	Fase móvil .....	80
	3.4.6.4.6.	Desarrollo de la placa ...	81
	3.4.6.4.7.	Detección .....	81
3.4.6.5.		Investigación de saponinas.....	81
	3.4.6.5.1.	Prueba de espuma .....	82
	3.4.6.5.2.	Cromatografía en capa fina .....	82
	3.4.6.5.3.	Preparación de la placa .....	82
	3.4.6.5.4.	Fase móvil .....	83
	3.4.6.5.5.	Desarrollo de la placa ...	83
	3.4.6.5.6.	Detección .....	84
3.4.6.6.		Cálculo del factor de retención .....	84
3.4.7.		Análisis de perfil de ácidos grasos mediante cromatografía gaseosa .....	85
3.4.8.		Procedimiento para la elaboración de la crema dermatológica .....	86
	3.4.8.1.	Esterilización.....	87
	3.4.8.2.	Preparación de la fase acuosa .....	88
	3.4.8.3.	Preparación de la fase oleosa .....	88
	3.4.8.4.	Emulsión .....	89
	3.4.8.5.	Envasado.....	89

3.4.9.	Procedimiento para el control de calidad de la crema dermatológica, establecido por el <i>Reglamento Técnico Centroamericano</i> (RTCA) 71.03.45:07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad” .....	89
3.4.9.1.	Color.....	90
3.4.9.2.	Olor .....	90
3.4.9.3.	Apariencia .....	90
3.4.9.4.	Viscosidad.....	90
3.4.9.5.	pH.....	91
3.5.	Recolección y ordenamiento de la información .....	92
3.6.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	105
3.7.	Análisis estadístico.....	113
4.	RESULTADOS.....	143
4.1.	Obtención de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) empleando el método de maceración dinámica, a escala laboratorio .....	143
4.2.	Análisis cualitativo y cuantitativo de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	144
4.2.1.	Identificación de alcaloides.....	144
4.2.2.	Identificación de flavonoides .....	146
4.2.3.	Identificación de saponinas .....	147
4.2.4.	Identificación de antraquinonas.....	149
4.2.5.	Identificación de taninos.....	150

4.3.	Caracterización de la crema dermatológica formulada mediante pruebas organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas.....	156
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	163
	CONCLUSIONES .....	175
	RECOMENDACIONES.....	177
	BIBLIOGRAFÍA.....	179
	APÉNDICES .....	183
	ANEXOS.....	185



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ejemplos de lípidos .....	12
2.	Estructura de los ácidos grasos .....	15
3.	Ejemplos de esteroides .....	16
4.	Terpenos derivados de aceites esenciales .....	17
5.	Grupos funcionales presentes en los terpenos .....	18
6.	Estructura de un glicósido cianogénico .....	22
7.	<i>Ximenia americana</i> L.....	25
8.	Fruto y hoja de <i>Ximenia americana</i> L.....	26
9.	Corteza de <i>Ximenia americana</i> L.....	26
10.	Flor de <i>Ximenia americana</i> L .....	27
11.	<i>Ximenia americana</i> L. en su hábitat natural .....	27
12.	Sesquiterpenos aislados de <i>Ximena americana</i> L .....	31
13.	Ácido ximenínico (ácido trans-11-octadecen-9-oico) .....	33
14.	Isoprenoides presentes en <i>Ximenia americana</i> L .....	33
15.	Ácidos grasos presentes en <i>Ximenia americana</i> L .....	34
16.	Triterpenos presentes en <i>Ximenia americana</i> L.....	34
17.	Triterpenos presentes en <i>Ximenia americana</i> L.....	35
18.	Esteroides presentes en <i>Ximenia americana</i> L.....	36
19.	Picnómetro .....	57
20.	Balanza analítica digital.....	58
21.	Secador eléctrico de bandejas de flujo transversal .....	58
22.	Papel indicador universal de pH.....	59

23.	Refractómetro .....	59
24.	Balanza de humedad .....	60
25.	Rotaevaporador .....	61
26.	Cromatofolios de aluminio .....	61
27.	Báscula .....	62
28.	Campana de extracción de gases .....	62
29.	Plancha de calentamiento con agitación.....	63
30.	Bomba de vacío .....	64
31.	Viscosímetro .....	64
32.	Potenciómetro.....	65

## TABLAS

I.	Variables independientes para el proceso de extracción por maceración dinámica a escala laboratorio.....	48
II.	Variables independientes para la formulación de la crema dermatológica .....	49
III.	Variables dependientes para el proceso de extracción por maceración dinámica a escala laboratorio.....	49
IV.	Variables dependientes para la formulación de la crema dermatológica .....	50
V.	Materia prima y reactivos utilizados para la obtención de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) y en la formulación de la crema dermatológica .....	55
VI.	Instrumentos de laboratorio y cristalería empleados en la caracterización fisicoquímica de los extractos etanólicos de <i>Ximenia americana</i> L. y formulación de la crema dermatológica.....	56
VII.	Recursos generales .....	56

VIII.	Formulación cuantitativa de la crema dermatológica .....	87
IX.	Obtención del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	93
X.	Obtención del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	93
XI.	Densidad del extracto etanólico obtenido de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	94
XII.	Densidad del extracto etanólico obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	94
XIII.	Índice de refracción del extracto etanólico obtenido de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	95
XIV.	Índice de refracción del extracto etanólico obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	95
XV.	Potencial de hidrógeno del extracto etanólico obtenido de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	96
XVI.	Potencial de hidrógeno del extracto etanólico obtenido de la semilla de fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	96
XVII.	Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 45 % .....	97
XVIII.	Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 70 % .....	97
XIX.	Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 95 % .....	98
XX.	Caracterización organoléptica de la crema dermatológica .....	99

XXI.	Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica, empleando como principio activo el extracto etanólico del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	99
XXII.	Viscosidad de la crema dermatológica, empleando como principio activo el extracto etanólico del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	100
XXIII.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	101
XXIV.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	101
XXV.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	102
XXVI.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	102
XXVII.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	103
XXVIII.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	103
XXIX.	Caracterización organoléptica de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres <i>K'o Samuj Junan</i> . .....	104
XXX.	Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres <i>K'o Samuj Junan</i> . .....	104

XXXI.	Viscosidad de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres <i>K'o Samuj Junan</i> .....	104
XXXII.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres <i>K'o Samuj Junan</i> .....	105
XXXIII.	Rendimiento extractivo del extracto etanólico, obtenido de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.), a escala laboratorio ....	106
XXXIV.	Rendimiento extractivo del extracto etanólico, obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.), a escala laboratorio.....	106
XXXV.	Índice de refracción del extracto etanólico, obtenido de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.), a escala laboratorio .....	107
XXXVI.	Índice de refracción del extracto etanólico, obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.), a escala laboratorio .....	107
XXXVII.	Densidad del extracto etanólico, obtenido de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.), a escala laboratorio .....	108
XXXVIII.	Densidad del extracto etanólico, obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.), a escala laboratorio .....	108
XXXIX.	Nomenclatura empleada durante el tamizaje fitoquímico para la identificación de alcaloides, realizado al extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	109
XL.	Nomenclatura empleada durante el tamizaje fitoquímico para la identificación de flavonoides, realizado al extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	109
XLI.	Nomenclatura empleada durante el tamizaje fitoquímico para la identificación de saponinas y antraquinonas, realizado al extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	110

XLII.	Nomenclatura empleada durante el tamizaje fitoquímico para la identificación de taninos, realizado al extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	110
XLIII.	Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica, empleando como principio activo el extracto etanólico del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	111
XLIV.	Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica, empleando como principio activo el extracto etanólico del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	112
XLV.	Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres <i>K'o Samuj Junan</i> . .....	113
XLVI.	Viscosidad de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres <i>K'o Samuj Junan</i> .....	113
XLVII.	Tabla ANOVA. ....	115
XLVIII.	Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	116
XLIX.	Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	117
L.	Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	117
LI.	Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	118
LII.	Experimento de un factor, para la densidad del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	118

LIII.	Análisis de varianza de un factor, para la densidad del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	119
LIV.	Experimento de un factor, para la densidad del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)...	119
LV.	Análisis de varianza de un factor, para la densidad del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	120
LVI.	Experimento de un factor, para el índice de refracción del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	120
LVII.	Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	121
LVIII.	Experimento de un factor, para el índice de refracción del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	121
LIX.	Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	122
LX.	Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	122
LXI.	Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	123
LXII.	Experimento de un factor, para la densidad de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	123

LXIII.	Análisis de varianza de un factor, para para la densidad de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	124
LXIV.	Experimento de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	124
LXV.	Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	125
LXVI.	Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	125
LXVII.	Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	126
LXVIII.	Experimento de un factor, para la densidad de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	126
LXIX.	Análisis de varianza de un factor, para para la densidad de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	127
LXX.	Experimento de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	127
LXXI.	Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	128

LXXII.	Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	128
LXXIII.	Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	129
LXXIV.	Experimento de un factor, para la densidad de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	129
LXXV.	Análisis de varianza de un factor, para para la densidad de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	129
LXXVI.	Experimento de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	130
LXXVII.	Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	130
LXXVIII.	Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	131
LXXIX.	Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	131
LXXX.	Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	132

LXXXI.	Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	132
LXXXII.	Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	132
LXXXIII.	Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	133
LXXXIV.	Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	133
LXXXV.	Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	134
LXXXVI.	Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	134
LXXXVII.	Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	135
LXXXVIII.	Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	135
LXXXIX.	Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	136

XC.	Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)... 136
XCI.	Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)... 137
XCII.	Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)..... 137
XCIII.	Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)..... 138
XCIV.	Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)... 138
XCV.	Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)... 139
XCVI.	Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)..... 139
XCVII.	Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)..... 140
XCVIII.	Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)... 140

XCIX.	Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) ...	141
C.	Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	141
CI.	Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	142
CII.	Rendimiento extractivo del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	143
CIII.	Índice de refracción del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	143
CIV.	Densidad del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	144
CV.	Reacciones coloridas de Mayer's, Dragendorff y Wagner para identificación de alcaloides .....	145
CVI.	Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de alcaloides	145
CVII.	Factores de retención para alcaloides .....	145
CVIII.	Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de flavonoides.....	146
CIX.	Factores de retención para flavonoides .....	147
CX.	Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de saponinas .....	148
CXI.	Factores de retención para saponinas.....	148
CXII.	Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de antraquinonas .....	149

CXIII.	Factores de retención para antraquinonas.....	150
CXIV.	Reacciones coloridas para identificación de taninos en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) ....	151
CXV.	Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de taninos ....	151
CXVI.	Factores de retención para taninos.....	152
CXVII.	Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 45 %.....	152
CXVIII.	Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 70 %.....	153
CXIX.	Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 95 %.....	154
CXX.	Contenido de ácido palmítico en el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	155
CXXI.	Contenido de ácido caproico presente en el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	155
CXXII.	Contenido de ácido butírico presente en el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	156
CXXIII.	Contenido de ácido miristoleico presente en el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	156
CXXIV.	Formulación cuantitativa de la crema dermatológica, empleando como principio activo los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	157
CXXV.	Caracterización organoléptica de la crema dermatológica elaborada a partir de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	157

CXXVI.	Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada empleando como principio activo los extractos etanólicos de la hoja y el fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.).....	158
CXXVII.	Viscosidad de la crema dermatológica elaborada empleando como principio activo los extractos etanólicos de la hoja y el fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) .....	158
CXXVIII.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	159
CXXIX.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	159
CXXX.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio.....	160
CXXXI.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	160
CXXXII.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	161
CXXXIII.	Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.) a escala laboratorio .....	161
CXXXIV.	Caracterización organoléptica de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres <i>K'o Samuj Junan</i> .....	162
CXXXV.	Caracterización fisicoquímica de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres <i>K'o Samuj Junan</i> .....	162

CXXXVI. Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres *K'o Samuj Junan*..... 162



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>bar</b>	Bares
<b>cP</b>	Centipoise
<b><math>\rho</math></b>	Densidad
<b>°C</b>	Grado centígrado
<b>g</b>	Gramo
<b>h</b>	Hora
<b>Hz</b>	Herzios
<b>in-Hg</b>	Pulgadas de mercurio
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>km</b>	Kilómetro
<b>m<sup>3</sup>/h</b>	Metros cúbicos por hora
<b><math>\mu</math>L</b>	Microlitros
<b>mg</b>	Miligramo
<b>mL</b>	Mililitro
<b>mm</b>	Milímetro
<b>Pa</b>	Pascales
<b>ppm</b>	Partes por millón
<b>%</b>	Porcentaje
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>s</b>	Segundo
<b>UFC/g</b>	Unidades formadoras de colonia por gramo
<b>V</b>	Voltios
<b>W</b>	Vatios



## GLOSARIO

<b>Ácidos grasos</b>	Biomoléculas de naturaleza lipídica, que se caracterizan por estar conformadas por una cadena larga de carbono e hidrógeno, en cuyo extremo está presente un grupo carboxilo.
<b>Analgésico</b>	Se refiere a la falta o disminución de las sensaciones dolorosas, sin afectar a los demás sentidos.
<b>Antifúngico</b>	Asociado a aquellas sustancias que destruyen los hongos o inhiben su crecimiento y reproducción.
<b>Antipirético</b>	Asociado a aquellas sustancias o medicamentos que tienen la capacidad de reducir la fiebre.
<b>Caracterización botánica</b>	Análisis morfológico que permite la identificación de cualquier especie perteneciente al reino vegetal.
<b>Crema dermatológica</b>	Preparado semisólido a base de agua para el tratamiento tópico.
<b>Cromatografía gaseosa</b>	Técnica utilizada para la separación de compuestos orgánicos e inorgánicos térmicamente estables y volátiles. Su principal objetivo es la cuantificación de cada compuesto presente en la mezcla.

<b>Densidad</b>	Magnitud vectorial referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia.
<b>Emoliente</b>	Propiedad de alguna sustancia que ablanda o relaja una dureza o una inflamación. Es de uso tópico.
<b>Extracto</b>	Preparaciones concentradas de consistencia líquida, sólida o intermedia obtenida normalmente de materia vegetal.
<b>Índice de refracción</b>	Medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo, determina la pureza de los reactivos químicos.
<b>Maceración</b>	Proceso que se asemeja a la extracción por disolvente, la diferencia es que el material permanece varios días sumergido.
<b>pH</b>	Medida de acidez o alcalinidad de una disolución.
<b>Picnómetro</b>	Recipiente calibrado para la determinación de densidades mediante pesado.
<b>Planta medicinal</b>	Toda aquella planta, que en uno o más de sus órganos, contiene sustancias que pueden ser utilizadas con fines terapéuticos.
<b>Principio activo</b>	Sustancia responsable de la acción farmacológica.

<b>Rendimiento</b>	Cantidad de producto obtenido que sirve para medir la efectividad de un procedimiento.
<b>Solvente</b>	Es aquella sustancia que se encuentra en mayor proporción en una dilución.
<b>RTCA</b>	Reglamento Técnico Centroamericano. Documento aprobado por los respectivos Comités Técnicos de Normalización y de Reglamentación Técnica mediante los entes de Normalización y de Reglamentación Técnica de los países de la Región Centroamericana, en relación con la legislación vigente en Guatemala en cuanto a alimentos, cosméticos, fármacos, etcétera.
<b>Termolábil</b>	Que se altera fácilmente con la acción del calor.



## RESUMEN

El objetivo primordial de este trabajo de investigación fue la obtención de los extractos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) para la formulación de una crema dermatológica.

La obtención de los extractos se realizó a escala laboratorio empleando el método de maceración dinámica y utilizando como solvente de extracción soluciones de alcohol etílico y agua a tres diferentes concentraciones en relación peso y un tiempo de extracción determinado. En esta investigación participó la Asociación de mujeres emprendedoras *K'o Samuj Junan* del municipio San Martín Jilotepeque, Chimaltenango, interesada en la temática de extractos vegetales para su aplicación en una crema dermatológica. Los extractos fueron caracterizados fisicoquímicamente y analizados químicamente y, posteriormente, se utilizaron para la formulación de una crema dermatológica, a la cual se le determinó sus propiedades organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas, y se comparó con las propiedades de la crema elaborada por la asociación de mujeres emprendedoras, con el objetivo de evaluar su calidad, con base en el Reglamento Técnico Centroamericano.

Los resultados obtenidos al realizar un análisis estadístico indicaron que sí existe diferencia significativa en los extractos de la hoja y de la semilla del fruto, y entre formulación de la crema dermatológica elaborada en el presente trabajo de investigación y la elaborada por la asociación de mujeres emprendedoras. Con respecto a los criterios microbiológicos dictados por el Reglamento Técnico Centroamericano, únicamente 5 de las 6 cremas elaboradas obtuvieron resultados satisfactorios.



## OBJETIVOS

### General

Caracterizar fisicoquímicamente los extractos de la semilla del fruto y la hoja del Jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), empleando como solvente de extracción soluciones de alcohol etílico-agua, a escala laboratorio, para su aplicación en la formulación de una crema dermatológica.

### Específicos

1. Evaluar el porcentaje de rendimiento de los extractos de la semilla del fruto y de la hoja del Jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), empleando como solvente extractivo soluciones de alcohol etílico-agua a concentraciones del 45 %, 70 % y 95 % en relación volumen, aplicando la técnica de maceración dinámica.
2. Determinar mediante una cromatografía gaseosa con acoplamiento de espectrometría de masas los componentes activos presentes en los extractos del Jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).
3. Evaluar la calidad de los extractos de la hoja y semilla del fruto del Jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) por medio de una cromatografía en capa fina, índice de refracción y densidad.

4. Llevar a cabo la formulación y envasado de una crema dermatológica empleando los extractos de la hoja y semilla del fruto del Jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).
5. Analizar cualitativamente el comportamiento de la crema dermatológica a partir de pruebas organolépticas y físicas.
6. Realizar un análisis microbiológico de la crema dermatológica y compararlo con el Reglamento Técnico Centroamericano, para determinar su cumplimiento con el mismo.

# HIPÓTESIS

## Hipótesis de investigación

Es factible obtener los extractos de las hojas y de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) y aplicarlo en la formulación de una crema dermatológica.

## Hipótesis estadística

### Hipótesis nula

- **Ho<sub>1</sub>:** No existe diferencia significativa en la calidad de los extractos del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) en función de las soluciones de alcohol etílico-agua a concentraciones del 45 %, 70 % y 95 %.
- **Ho<sub>2</sub>:** No existe diferencia significativa entre los extractos del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) obtenidos de las hojas y de la semilla del fruto.
- **Ho<sub>3</sub>:** No existe diferencia significativa entre la formulación de la crema dermatológica elaborada por la Asociación y la planteada dentro del laboratorio.
- **Ho<sub>4</sub>:** El análisis microbiológico de la crema dermatológica no cumple con los requerimientos establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano.

## Hipótesis alternativa

- **Hi<sub>1</sub>:** Existe diferencia significativa en la calidad de los extractos del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) en función de las soluciones de alcohol etílico-agua a concentraciones del 45 %, 70 % y 95 %.
- **Hi<sub>2</sub>:** Existe diferencia significativa entre los extractos del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) obtenidos de las hojas y de la semilla fruto.
- **Hi<sub>3</sub>:** Existe diferencia significativa entre la formulación de la crema dermatológica elaborada por la Asociación y la planteada dentro del laboratorio.
- **Hi<sub>4</sub>:** El análisis microbiológico de la crema dermatológica cumple con los requerimientos establecidos por el Reglamento Técnico Centroamericano.

## INTRODUCCIÓN

El uso de las plantas como agentes medicinales para el tratamiento de diversas enfermedades ha surgido como tendencia de investigación en los últimos años, dado que a lo largo del tiempo las antiguas civilizaciones ya realizaban prácticas de este tipo. Distintas plantas son empleadas en medicina tradicional contra enfermedades inflamatorias, así como para varios tipos de tumores debido a los principios activos que estas contienen.

La civilización maya abarcó gran parte del territorio guatemalteco lo cual no impidió que se destacaran por sus descubrimientos. Aportaron conocimientos médicos y los transfirieron de generación en generación. Por esa razón, en la actualidad aún se utilizan en comunidades indígenas. Este es el caso de la aldea Sacalá las Lomas, ubicada en el municipio de San Martín Jilotepeque en el departamento de Chimaltenango, donde desde hace más de seis años surgió la Asociación de Mujeres Emprendedoras *K'ó Samuj Junan*, que en idioma kaqchiquel significa “mujeres unidas”. Esta asociación brinda a más de 75 familias, tanto de las Lomas como de Chimaltenango, la oportunidad de generar ingresos través de la capacitación en equidad de género y el procesamiento de productos locales para comercializarlos.

Entre estos productos, se encuentran diversidad de plantas medicinales para el tratamiento de enfermedades, pero la que más ha llamado la atención de los consumidores es una planta conocida antiguamente como “jocote del diablo”, debido a que, al consumir dos de sus frutos, provocaba una sensación de taquicardia. Los abuelos de esta aldea cuentan que dicha planta era empleada para curar a los enfermos, pero dejó de utilizarse cuando a

Guatemala ingresó la fiebre en 1940. En aquella época, todos buscaban una cura, la cual encontraron en esta planta. Sin embargo, no había suficiente para todos, por lo que se empezó a rumorar que la planta era venenosa para que nadie supiera sobre sus propiedades curativas. De esta manera, fue quedando en el olvido poco a poco.

En el 2012, fue bautizada bajo el nombre de *K'aslem Che'*, que en idioma kaqchiquel significa "árbol de la vida". Esto aconteció para el 13 Baktún, y se confirmó que se trataba de una planta medicinal utilizada por los mayas, debido a sus propiedades anticancerígenas. En la actualidad, más de 300 personas en tratamiento, mostrando resultados increíbles.

El propósito del presente trabajo de investigación fue obtener los extractos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), proveniente del municipio de San Martín Jilotepeque ubicado en el departamento de Chimaltenango. Para ello, se empleó el método de maceración dinámica y, como solvente de extracción, soluciones de alcohol etílico y agua a 3 diferentes concentraciones, para aplicarlo posteriormente en la formulación de una crema dermatológica.

El jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) es una planta perteneciente a la familia *Olacaceae*, y crece en diversos países alrededor del mundo. Para iniciar con la fase experimental del presente trabajo de investigación fue necesario realizar una caracterización botánica de la especie, para determinar su nombre científico y de esta manera obtener información más precisa en la literatura. Posteriormente, se colocó la materia prima en un horno secador, con el objetivo de disminuir su contenido de humedad a un porcentaje inferior al 10 %, ya que a estas condiciones se inhibe el crecimiento de levaduras y hongos.

Al realizar una revisión literaria acerca de esta planta, se encontraron estudios e investigaciones a nivel internacional, principalmente realizados en países como Brasil, Alemania, Angola y Etiopía. Dichos estudios e investigaciones confirman las propiedades medicinales de *Ximenia americana* L., específicamente, sus propiedades anticancerígenas. También se confirma que los extractos de diversas partes de esta planta son los principalmente empleados en medicina tradicional, debido a los principios activos encontrados en estos.

Un tamizaje fitoquímico realizado a los extractos etanólicos de la hoja permitió la detección de principios activos, los cuales fueron flavonoides, saponinas, antraquinonas y taninos. Dichos metabolitos secundarios son los responsables de las propiedades medicinales de esta planta. De igual forma, los componentes identificados en los extractos de la semilla del fruto por medio de un perfil de ácidos grasos son compuestos que poseen propiedades antimicrobianas y suavizantes para la piel. Por ello, son idóneos para su aplicación como agente cosmético en una crema dermatológica, brindándole propiedades cicatrizantes y emolientes.

Para la elaboración de la crema dermatológica se realizó una emulsión aceite en agua. Se le realizó una caracterización fisicoquímica y organoléptica, a través de medición y visualización de propiedades como potencial de hidrógeno, viscosidad, aroma, color y apariencia. Además, se le realizó un análisis microbiológico dado que, debido a la naturaleza de la emulsión, el agua es el componente con mayor porcentaje, el cual es un medio para el crecimiento de hongos y bacterias. Finalmente se analizaron estadísticamente los datos obtenidos, para determinar si existía diferencia significativa entre ambas formulaciones.



## 1. ANTECEDENTES

Diversos han sido los estudios alrededor del mundo relacionados con los extractos de la especie *Ximenia americana* L., principalmente para su aplicación en medicina tradicional.

Un estudio realizado por los investigadores Cristina Voss, Ergül Eyol y Martin R. Berger del Centro Alemán de Investigación Oncológica, por parte de la Unidad de Toxicología y Quimioterapia en marzo del 2005, titulado “Identificación de la actividad potencial anticancerígena en los extractos acuosos de *Ximenia americana* L. para su uso en medicina tradicional africana”, muestra que el extracto seco de dicha planta presenta actividad antineoplásica, es decir, que inhibe el crecimiento de células tumorales malignas. La investigación radicó en el análisis de la actividad de diversos extractos *in vitro*, lo que permitió, a través de una caracterización fisicoquímica, determinar que los componentes antineoplásicos activos en *Ximenia americana* son proteínas con afinidad por la galactosa. Además, mediante espectrometría de masas, fue posible observar que una de estas proteínas exhibe un tramo de 11 aminoácidos idénticos a un péptido tríptico presente en la inhibidora de ribosomas de la proteína ricina.

Más adelante, en el año 2008, los investigadores Mariana Trycia Brasileiro, Amanda Alencar do Egito, Januária Rodrigues de Lima y otros, pertenecientes a la Universidad Federal de Pernambuco, Brasil publicaron un artículo en la *Revista Brasileira de Farmacia*, titulado “*Ximenia americana* L.: botánica, química y farmacología en el interés de la tecnología farmacéutica”, en el cual se le atribuyen propiedades medicinales a esta planta,

principalmente, para el tratamiento de dolores de estómago, sífilis, reumatismo, cáncer e infecciones bucales. Esto se demostró mediante extractos acuosos y metanólicos de distintas partes de la planta como las hojas, el tallo, la raíz y la cáscara del fruto. Además, algunos de estos extractos presentaron una alta actividad antimicrobiana frente a bacterias como *Enterococcus faecalis* y *Streptococcus pyogenes*. Este estudio indica también que *Ximenia americana* L. es una especie que había sido poco investigada científicamente en ese entonces, a pesar de ser utilizada en medicina tradicional.

En 2012 fue publicado otro estudio titulado “Usos y manejo de *Ximenia americana* L., *Olacaceae* en el este semiárido de Shewa, Etiopía”, llevado a cabo por las investigadoras Debela Hunde Feyssa, Jesse T. Njoka, M. M. Nyangito y Zemedu Asfaw, por parte de las Universidades de Jimma en Etiopía, Nairobi en Kenia y Addis Ababa en Etiopía, respectivamente. Este estudio indica que *Ximenia americana* L. posee diversas aplicaciones médicas, principalmente de la semilla del fruto, la cual contiene un aceite que se emplea como ungüento y de otras partes como la corteza, raíz y hojas, que se utilizan para el tratamiento de enfermedades como la lepra, fiebre, dolores de cabeza y úlceras. De la misma manera, se indica la presencia de cianuro en las hojas, por lo que se recomienda que antes de consumirlas deben cocinarse apropiadamente.

Otro estudio realizado en el año 2011 pero publicado el 21 de marzo del 2012 por las Universidades Federales de Ceará y Piauí en Brasil, por los investigadores Francisco José Queiroz Monte, Telma Leda Gomes de Lemos, Mônica Regina Silva de Araújo y Edilane de Sousa Gomes, titulado “*Ximenia americana*: química, farmacología y propiedades biológicas, una revisión”, tuvo como objetivo actualizar los datos importantes reportados en la literatura científica en los últimos diez años. Este estudio investigó los extractos crudos

de diversas partes de la planta como la raíz, las hojas, las semillas, la corteza y el fruto, los cuales mostraron actividades antimicrobianas y antifúngicas debido a la presencia de metabolitos secundarios como polifenoles, triterpenos, saponinas, taninos y glucósidos. De igual forma, se evaluaron diferentes solventes, como el metanol, etanol, butanol, cloroformo y agua.

Sin embargo, hasta el momento no se han realizado estudios científicos sobre la especie *Ximenia americana* L. en Guatemala, que puedan respaldar las propiedades medicinales que esta posee.



## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Extractos**

Son preparados líquidos concentrados que se obtienen, generalmente, de materia vegetal o animal previamente secada.

“La extracción se define como una operación unitaria de transferencia de masa, basada en la disolución de uno o varios de los componentes presentes en una mezcla líquida en un disolvente determinado, en este caso el disolvente debe ser inmiscible con la fase líquida que contiene al soluto. Un problema importante lo constituye la elección del solvente de extracción.”<sup>1</sup>

#### **2.1.1. Extracción sólido-líquido**

En este caso, el contacto interfacial entre fases resulta ser del tipo el sólido-líquido, y es en estas fases en las que ocurre la transferencia de materia.

##### **2.1.11. Maceración**

Es un proceso de extracción entre materias de distintos estados físicos sólido-líquido, en el cual o los compuestos de interés están presentes en la fase sólida y presentan solubilidad, por lo que se emplea un líquido para permitir su extracción. Consiste en contacto la materia prima y el disolvente durante determinado tiempo.

---

<sup>1</sup> ÁLVAREZ MEJÍA, Williams Guillermo. *Las operaciones unitarias físicas controladas por la transferencia de materia y la transferencia simultánea de materia y energía.* p. 27.

“Esta operación resulta un método de extracción que permite obtener los principios activos de una planta presentes en un líquido.”<sup>2</sup> Existen diversos tipos de maceración, dependiendo de la solubilidad de los principios activos de la planta, se elige el método más adecuado.

#### **2.1.1.1.1. Maceración estática**

También se le conoce como maceración simple. Consiste en dejar reposar la materia prima y el solvente, de forma que exista contacto íntimo entre ellos, durante varios días, con agitación periódica. Por tal razón, es sumamente lento.

#### **2.1.1.1.2. Maceración dinámica**

También se conoce como digestión. En este caso, la materia prima y el solvente se mantienen en movimiento constante, con el objetivo de abreviar el tiempo de operación. Tanto la maceración simple como la dinámica pueden llevarse a cabo a temperatura ambiente o a altas temperaturas.

#### **2.1.1.2. Lixiviación**

Es una operación de extracción sólido líquido que consiste en extraer un componente de interés que, generalmente, es soluble, a partir de una fase sólida permeable e insoluble a la cual se encuentra asociada.

---

<sup>2</sup> ÁLVAREZ MEJÍA, Williams Guillermo. *Las operaciones unitarias físicas controladas por la transferencia de materia y la transferencia simultánea de materia y energía*. p. 29.

## **2.1.2. Variables del proceso extractivo**

Las variables que intervienen durante el proceso extractivo, sin importar la escala de producción o del tipo de producto final son las siguientes:

### **2.1.2.1. Dispersión de la materia prima**

Cuanto menor sea el tamaño de las partículas, mayor será la eficiencia del proceso de extracción, debido a que el área de contacto con el solvente es mayor.

### **2.1.2.2. Agitación**

La agitación permite la homogenización de la solución, lo que permite que exista un equilibrio de saturación del disolvente. De esta manera, el solvente entra en contacto con el sólido constantemente, alcanzándose un punto nuevo de equilibrio de saturación.

### **2.1.2.3. Temperatura**

La temperatura aumenta la solubilidad de la sustancia de interés, pero debe tomarse en cuenta que varios principios activos son termolábiles y pueden ser destruidos, total o parcialmente a temperaturas elevadas. El límite debe ser la temperatura de miscibilidad.

### **2.1.2.4. pH**

El pH incide en la solubilidad de distintos compuestos, ya que permite la posibilidad de formación de sales.

#### **2.1.2.5. Naturaleza del solvente**

Dependiendo de la finalidad, el solvente empleado es capaz de extraer, selectivamente o no, cierta clase de compuestos. Entre los solventes más utilizados se encuentran los alcoholes alifáticos de hasta 3 carbonos, mezclas de estos y agua.

Estos solventes permiten obtener la mayor parte de sustancias de interés como los alcaloides, flavonoides, glicósidos cardiotónicos y terpenos. Debido a su poder extractivo, dichos solventes son los indicados para los casos en los que no se conocen los principios activos de las plantas completamente.

#### **2.1.2.6. Tiempo de extracción**

El tiempo de extracción debe ser suficiente para que se dé la separación de los principios activos. No obstante, debe tenerse cuidado para que no sea excesivo. Se determina experimentalmente en función del solvente y del equipo seleccionado.

### **2.1.3. Tipos de extractos**

Los extractos pueden clasificarse en tres grupos:

#### **2.1.3.1. Extracto fluido**

Los extractos fluidos son preparaciones líquidas, en las que una parte por masa o volumen resulta equivalente a una parte por masa de materia prima inicial.

Se obtienen mediante percolación con alcohol a una temperatura de 70 °C y posterior concentración a vacío y estandarización hasta 1:1. Generalmente, se realiza en primer lugar una extracción exhaustiva en la que se obtiene el 80 % como líquido y luego el resto se concentra a vacío, para llegar a la concentración inicial.

#### **2.1.3.2. Extractos blandos**

Son preparaciones de consistencia intermedia entre los extractos fluido y seco. Se obtienen mediante evaporación parcial del disolvente utilizado para su evaporación, lo cual se realiza al vacío, hasta una consistencia espesa, su concentración es igual o superior al 2:1.

#### **2.1.3.3. Extracto seco**

Son preparaciones de consistencia sólida, que se obtienen por evaporación del solvente que se ha utilizado para su elaboración. Los extractos secos tienen un residuo seco no inferior al 95 % en masa.

Además de estas tres principales formas de extracto, estos pueden encontrarse también de las siguientes formas:

#### **2.1.3.4. Extractos purificados**

Son cualquiera de los mencionados en principio activo por cromatografía, extracción líquido-líquido, cristalización, entre otros. El límite de este proceso es la obtención de principios activos puros.

### **2.1.3.5. Extractos glicólicos**

Para su elaboración se utilizan mezclas de agua y glicoles (generalmente propilenglicol a veces mezclado con butilenglicol), la concentración va de 1:1 a 1:10. A veces los extractos glicólicos de uso cosmético son en realidad extractos acuosos disueltos en glicoles.

## **2.2. Medicina maya**

Los mayas, durante el auge de su cultura, brindaron una amplia variedad de conocimientos en diversas áreas. En la medicina tradicional, los mayas alcanzaron amplios conocimientos. Determinaron las causas principales de las enfermedades (etiología), además, supieron describirlas y clasificarlas según sus síntomas, curarlas e incluso prevenirlas.

Los mayas habitaban de forma armónica con su medio ambiente, lo que les permitió conocer las propiedades curativas de las plantas y animales que los rodeaban, así como elaborar diversos medicamentos y aplicar tratamientos a varios males. El proceso de curación consistía la mayor parte del tiempo en todo un ritual que podía incluir infusiones, cataplasmas, sangrías, oraciones, confesiones públicas, ofrendas, baños purificatorios (como el *temazcal*, o baño de vapor a base de hierbas), sacrificios y consumo de psicotrópicos.

### **2.2.1. Plantas medicinales mayas**

Los mayas del periodo Clásico emplearon muchas plantas, como la chaya (Chay), (*Cnidoscolus chayamansa*), Balche, de cuya corteza obtenían alcohol. Esta planta también se conoce como la espinaca maya. Posee alto contenido de proteínas, calcio, hierro y vitaminas, y la resina del arbusto Ek' Balam,

(*Croton flavens* L.), que rápidamente detiene una hemorragia por lesiones. Para tratar y cerrar heridas en tejidos musculares usaban el bakalche' (*Bourreria pulchra* Millsp). De esta manera, puede mencionarse una cantidad **exhaustiva amplia** de plantas destinadas al uso en medicina tradicional.

Existen documentos de literatura médica de la cultura maya en los cuales se hace referencia a calamidades y curaciones; enfermedades y plantas curativas.

### **2.3. Lípidos**

“Son un conjunto de moléculas orgánicas, la mayor parte de ellas biomoléculas, compuestas principalmente por carbono e hidrógeno, y en menor proporción oxígeno. Sin embargo, también pueden tener azufre, fósforo y nitrógeno.”<sup>3</sup>

Se trata de sustancias que pueden ser extraídas de las células y tejidos con disolventes orgánicos no polares. Generalmente, presentan una variedad de grupos funcionales dentro de su estructura.

#### **2.3.1. Lípidos sencillos**

Son aquellos que no se hidrolizan con facilidad con un ácido o una base acuosa. Este término parece incongruente la mayor parte del tiempo, ya que muchos lípidos llamados “sencillos” resultan ser moléculas bastante complejas. Se consideran tres grupos importantes de lípidos sencillos: los esteroides, las prostaglandinas y los terpenos.

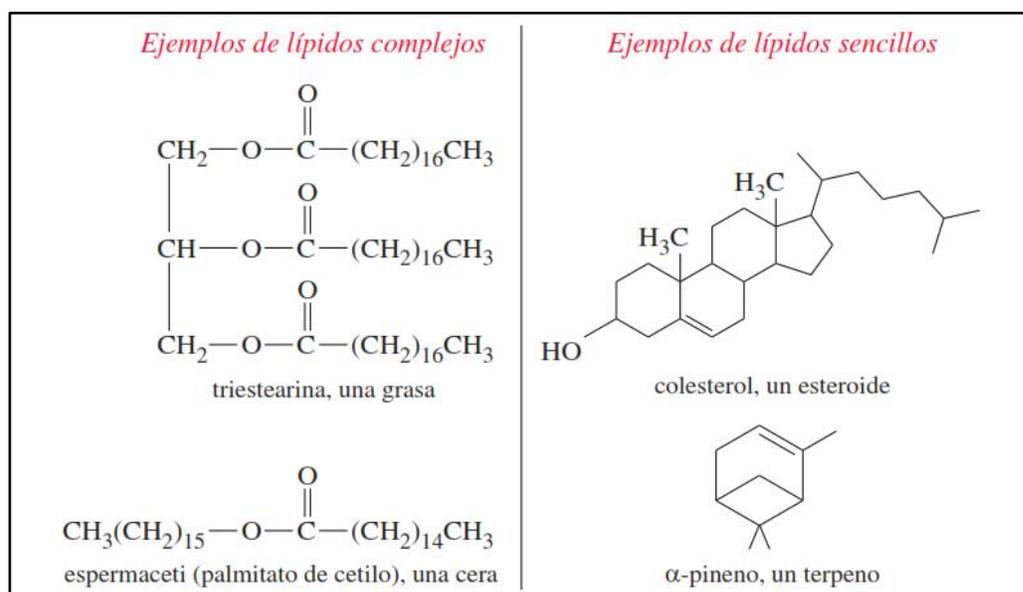
---

<sup>3</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 39.

### 2.3.2. Lípidos complejos

“Son aquellos que se hidrolizan fácilmente en principios activos más sencillos. La mayoría de los lípidos complejos son ésteres de ácidos carboxílicos de cadena larga, conocidos como ácidos grasos.”<sup>4</sup> Es posible clasificar a los ésteres de los ácidos grasos en dos grandes grupos: ceras y glicéridos. Las ceras son ésteres de alcoholes de cadena larga y los glicéridos son ésteres del glicerol.

Figura 1. Ejemplos de lípidos



Fuente: WADE, Leroy. *Química Orgánica*. p. 39.

<sup>4</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. Volumen 2. p. 40.

## 2.4. Glicéridos

“Son sencillamente ésteres derivados de ácidos grasos del triol glicerol (glicerina). Los glicéridos más comunes son los triglicéridos (triacilgliceroles), en los que los tres grupos hidroxilo (OH) del glicerol han sido esterificados por los ácidos grasos.”<sup>5</sup> Por ejemplo, la triestearina (Figura 1) es un componente que se encuentra en la grasa de la carne de res en la que los tres grupos hidroxilo del glicerol son esterificados por el ácido esteárico,  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$ .

Generalmente, se les denomina grasas a los triglicéridos si se encuentran en estado sólido a temperatura ambiente y aceites si se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente.

Por otra parte, en las plantas y los animales de sangre fría, los triglicéridos son aceites, como el aceite de maíz, el aceite de cacahuate o el aceite de pescado.

### 2.4.1. Ácidos grasos

“Los ácidos grasos de los triglicéridos comunes son ácidos carboxílicos no ramificados de cadena larga, que contienen alrededor de 12 a 20 átomos de carbono en su estructura.”<sup>6</sup> La mayor parte de los ácidos grasos contienen números pares de átomos de carbono, ya que son derivados de unidades del ácido acético, el cual contiene dos átomos de carbono. Algunos de los ácidos grasos comunes tienen cadenas de carbono saturadas, mientras que otras tienen uno o más enlaces dobles carbono-carbono.

---

<sup>5</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 43.

<sup>6</sup> *Ibid.*

#### **2.4.1.1. Clasificación**

“Los ácidos grasos de los triglicéridos se clasifican de acuerdo con el número de enlaces dobles en su estructura. De esa forma, se denomina saturados a los que no presentan enlace doble en su estructura, monoinsaturados a los que poseen únicamente un enlace doble y poliinsaturados a aquellos que contienen más de un enlace doble en su cadena.”<sup>7</sup> Como ejemplo de los tres tipos de ácidos grasos mencionados, puede mencionarse el ácido palmítico, el ácido oleico y el ácido linolénico, respectivamente. Cabe mencionar que a los ácidos grasos poliinsaturados también se les conoce como PUFA's, por sus siglas en inglés, *Polyunsaturated fatty acids*.

#### **2.4.1.2. Propiedades físicas**

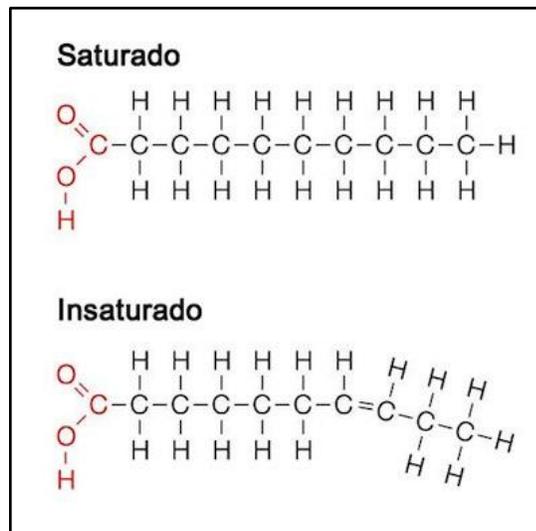
Los puntos de fusión de las grasas y los aceites dependen del grado de insaturación en sus ácidos grasos de origen. Un triglicérido derivado de ácidos grasos saturados posee un punto de fusión más alto, debido a que se empaqueta con mayor facilidad en una red cristalina sólida que un triglicérido derivado de ácidos grasos insaturados plegados.

La mayor parte de los triglicéridos saturados son grasas ya que son sólidos a temperatura ambiente. La mayoría de los triglicéridos que presentan insaturaciones en sus estructuras son aceites debido a que son líquidos a temperatura ambiente.

---

<sup>7</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 44.

Figura 2. **Estructura de los ácidos grasos**



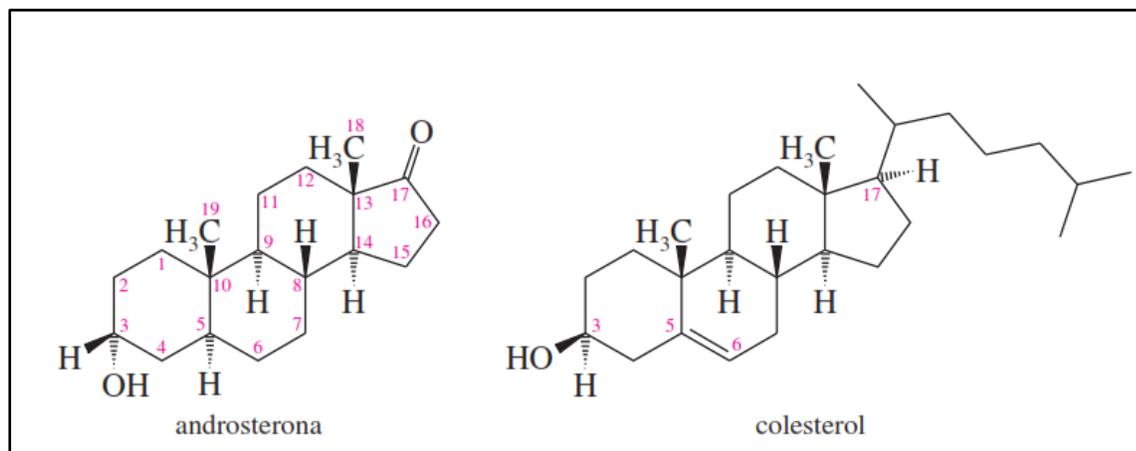
Fuente: Guatequímica. *Lípidos*. [http://www.guatequimica.com/tutoriales/lipidos/fat\\_f2.jpg](http://www.guatequimica.com/tutoriales/lipidos/fat_f2.jpg).  
Consulta: 13 de abril de 2016.

### 2.4.2. Esteroides

“Son moléculas policíclicas complejas, presentes en todas las plantas y animales.”<sup>8</sup> Se clasifican como lípidos sencillos, ya que no presentan hidrólisis como las grasas, los aceites y las ceras. Los esteroides abarcan una extensa variedad de compuestos, dentro de los que se incluyen las hormonas, los emulsionantes y los componentes de las membranas.

<sup>8</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 44.

Figura 3. Ejemplos de esteroides



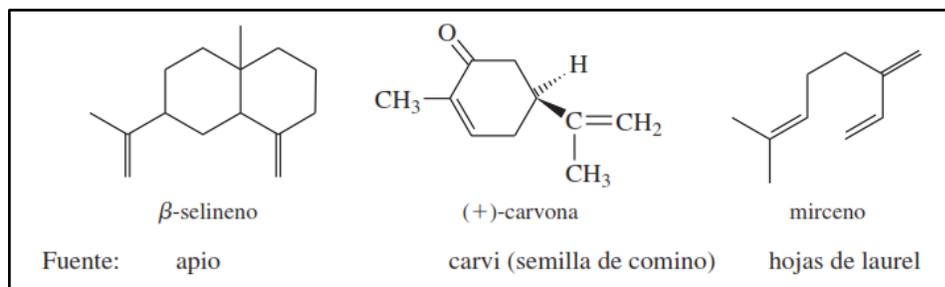
Fuente: Fuente: WADE, Leroy. *Química Orgánica*. p. 46.

### 2.4.3. Terpenos

“Los terpenos son una familia que comprende compuestos con esqueletos de carbono conformados de cinco unidades de isopentilo (isopreno).”<sup>9</sup> Por lo regular, son aislados de los aceites esenciales de las plantas, es decir, aceites aromáticos que se concentran a partir del material de la planta por medio de una destilación por arrastre con vapor. A continuación, se muestran diversos terpenos provenientes de los aceites esenciales de plantas aromáticas.

<sup>9</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 47.

Figura 4. **Terpenos derivados de aceites esenciales**



Fuente: WADE, Leroy. *Química Orgánica* p. 49.

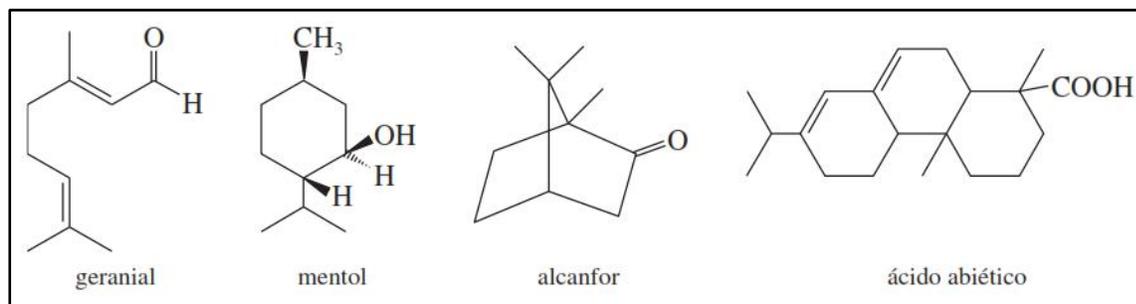
### 2.4.3.1. Características

En el pasado, al observar las estructuras de varios terpenos se determinó que todos ellos están compuestos por dos o más unidades de cinco carbonos de isopreno (2-metilbuta-1,3-dieno). “La unidad de isopreno mantiene su estructura de isopentilo en un terpeno, por lo regular con la modificación de los enlaces dobles del isopreno.”<sup>10</sup> Por tal razón, se dice que la unidad básica en los aceites esenciales es el isopreno.

Muchos terpenos presentan grupos funcionales en su estructura, principalmente grupos carboxilo e hidroxilo. A continuación, se muestra un aldehído de terpeno, un alcohol de terpeno, una cetona de terpeno y un ácido de terpeno, respectivamente.

<sup>10</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 49.

Figura 5. **Grupos funcionales presentes en los terpenos**



Fuente: WADE, Leroy. *Química Orgánica*. p. 50.

#### 2.4.3.2. Clasificación

“Los terpenos se clasifican según el número de átomos de carbono, en unidades de diez.”<sup>11</sup>

##### 2.4.3.2.1. Monoterpenos

Se le denomina así a un terpeno con 10 átomos de carbono (dos unidades de isopreno). El mircenol, el geranial, el mentol y el alcanfor son monoterpenos.

##### 2.4.3.2.2. Diterpenos

Se le llama así a un terpeno con 20 átomos de carbono (cuatro unidades de isopreno). El ácido abiético es un diterpeno.

<sup>11</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 51.

#### **2.4.3.2.3. Sesquiterpenos**

Se les denomina así a los terpenos con 15 átomos de carbono (tres unidades de isopreno), lo que significa que tienen  $1\frac{1}{2}$  veces 10 átomos de carbono. el  $\beta$ -selineno es un sesquiterpeno.

#### **2.4.3.2.4. Triterpenos**

Son los terpenos con 30 átomos de carbono (tres unidades de isopreno). El escualeno es un ejemplo de triterpeno.

#### **2.4.3.2.5. Tetraterpenos**

Se les denomina así a los terpenos con 40 átomos de carbono (cuatro unidades de isopreno). Los carotenos son un ejemplo de tetraterpeno.

### **2.5. Carbohidratos**

“Los carbohidratos son los compuestos orgánicos con mayor abundancia en la naturaleza. Casi todos los seres vivos sintetizan y metabolizan carbohidratos, y generalmente los emplean para el almacenamiento de energía, que luego será suministrada a sus células.”<sup>12</sup> Las plantas sintetizan carbohidratos mediante la fotosíntesis, una serie compleja de reacciones que emplean la luz solar como la fuente de energía para transformar dióxido de carbono y agua en glucosa y oxígeno.

La química de los carbohidratos es una de las áreas más interesantes en química orgánica. Gran variedad de químicos se emplea por compañías que

---

<sup>12</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 51.

usan carbohidratos para la elaboración de alimentos, materiales de construcción y otros productos de consumo.

### **2.5.1. Clasificación**

“El término “carbohidrato” surgió debido a que la mayoría de los azúcares poseen fórmulas moleculares  $C_n(H_2O)_m$ , lo que sugiere que los átomos de carbono se enlazan de alguna forma con el agua. De hecho, la fórmula empírica de los azúcares más sencillos es  $C(H_2O)$ .”<sup>13</sup> Por tal razón, los químicos nombraron a estos compuestos “hidratos de carbono” o “carbohidratos”

#### **2.5.1.1. Monosacáridos**

“Los monosacáridos, o azúcares sencillos, son carbohidratos que no pueden hidrolizarse a compuestos más sencillos.”<sup>14</sup> Ejemplos de ellos son la glucosa y la fructuosa.

#### **2.5.1.2. Disacáridos**

“Un disacárido es un azúcar que puede hidrolizarse a dos monosacáridos.”<sup>15</sup> Por ejemplo, la sacarosa (“azúcar de mesa”) es un disacárido que tiene la capacidad de hidrolizarse a una molécula de glucosa y una molécula de fructosa. Los monosacáridos y los disacáridos presentan una alta solubilidad en agua.

---

<sup>13</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 52.

<sup>14</sup> Ibid.

<sup>15</sup> Ibid.

### 2.5.1.3. Polisacáridos

“Los polisacáridos son carbohidratos que tienen la capacidad de hidrolizarse a varias unidades de monosacárido.”<sup>16</sup> Son polímeros (biopolímeros) de carbohidratos presentes en la naturaleza. Incluyen al almidón y a la celulosa, ambos biopolímeros de la glucosa.

El almidón es un polisacárido cuyas unidades de carbohidrato se adicionan de manera ordenada para el almacenamiento energía o se retiran para brindar energía a las células. La celulosa es un componente estructural principal de las plantas.

### 2.5.2. Glicósidos cianogénicos

“Son compuestos que están formados por un azúcar y ácido cianhídrico (HCN) que, mediante una enzima ( $\beta$ -glicosidasa), pueden separarse, quedando libre el ácido para ejercer su efecto tóxico. La enzima, que espacialmente está separada del glicósido cianogénico, puede unirse al sustrato durante la masticación, o por efectos de marchitamiento, pisoteo, congelación o sequía.”<sup>17</sup> El HCN en la sangre se disocia en  $H^+$  y  $CN^-$ . El ion cianuro es el responsable de inhibir una enzima esencial en la cadena de transporte de electrones, ruta que conduce a la respiración celular.

De esta manera, disminuyen severamente la mayoría de las actividades metabólicas y hemodinámicas, ocasionando acidosis por respiración anaeróbica a pesar de que los eritrocitos (glóbulos rojos) se encuentren saturados con oxígeno.

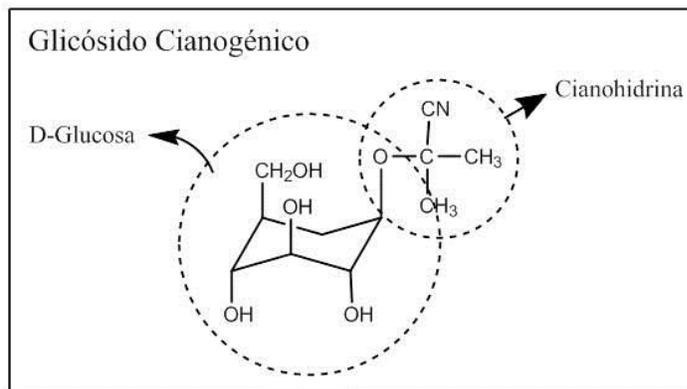
---

<sup>16</sup> WADE, Leroy. *Química orgánica*. p. 52.

<sup>17</sup> VOSS, Cristina, EYOL, Ergül, y BERGER, Martin R. *Identification of potent anticancer activity in Ximenia americana aqueous extracts used by African traditional medicine*. p. 33.

Entre los mecanismos de defensa contra predadores de las plantas, se encuentra la síntesis de sustancias altamente tóxicas. Entre ellas, algunas plantas sintetizan glicósidos que liberan ácido cianhídrico por un proceso enzimático cuando se dañan mecánicamente, o bien cuando se comen. “Es por esta razón que el consumo de material vegetal que exceda las 200 ppm puede resultar letal para los animales.”<sup>18</sup>

Figura 6. Estructura de un glicósido cianogénico



Fuente: Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá.

[http://www.plantastoxic.unal.edu.co/glico\\_ciano.html](http://www.plantastoxic.unal.edu.co/glico_ciano.html). Consulta: 14 de abril de 2016

## 2.6. *Ximenia americana* L.

“El género *Ximenia* comprende una variedad de plantas con flores, perteneciente a la familia *Olacaceae*. Dicha familia abarca alrededor de ocho especies: *Ximenia roigi*, *Ximenia aegyptiaca*, *Ximenia parviflora*, *Ximenia coriacea*, *Ximenia aculeata*, *Ximenia caffra*, *Ximenia americana* y *Ximenia aegyptica*. La especie *Ximenia caffra* es comúnmente utilizada en Tanzania

<sup>18</sup> SHYAULA, Sajjan L., ISHAK, Christina Y. y HUSSIEN Ayoub, Saad Mohammed. *Bioassay and Phytochemical Studies on Ximenia americana L. Bark Ethanolic Extract*. p. 39.

para el tratamiento de reumatismo, menstruación irregular y cáncer”.<sup>19</sup> Sin embargo, *Ximenia americana* Linn es la más conocida.

“Se le conoce con una diversidad de nombres vulgares alrededor del mundo: espino de brujo, ciruelillo, caimito de monte, cagalero, albaricoque, albaria y almendro de costa.”<sup>20</sup> Sin embargo, en Guatemala es conocido como “Jocote del diablo”, debido a que en el pasado si se consumían dos frutos, provocaba un efecto de taquicardia. Se encuentra en los barrancos de la Aldea Sacalá las Lomas, en el municipio de San Martín Jilotepeque, departamento de Chimaltenango, así como en todo el territorio nacional.

“Es comúnmente encontrada en África, India, Nueva Zelanda, América Central y del Sur”.<sup>21</sup> Sin embargo, es nativa de Australia y Asia. Se encuentra, principalmente, en regiones tropicales, específicamente en África y Brasil. Se trata de un arbusto que puede medir desde 2 hasta 7 metros de altura. El diámetro del tronco raras veces llega a medir más de 10 centímetros, y su corteza puede de café oscuro a gris pálido. Sus ramas, por lo general flojas y divergentes, pueden llegar a formar una especie de copa redondeada. Generalmente, contiene espinas a lo largo de todas sus ramas.

Sus hojas pueden ser lanceoladas u ovaladas, de aproximadamente 3 a 8 centímetros de largo y 1,5 a 4 centímetros de ancho. Cuando son trituradas, las hojas desprenden un suave olor a almendras. Cuando el ganado ingiere las partes herbáceas sufre de intoxicación debido a la presencia de glicósidos

---

<sup>19</sup> CHHABRA, S. C. y VISO, F. C. *A survey of the medicinal plants Eastern Tanzania for Alkaloids, Flavonoids, saponins and Tannins*. p. 59.

<sup>20</sup> BRASILEIRO, Mariana Trycia, ALENCAR Do Egito, Amanda y RODRIGUES De Lima, Januária. *Ximenia americana L.: botânica, química e farmacologia no interesse da tecnologia farmacêutica*. p. 63.

<sup>21</sup> SACANDE, Moctar y VAUTIER, Helen. *Ximenia americana* L. p. 112.

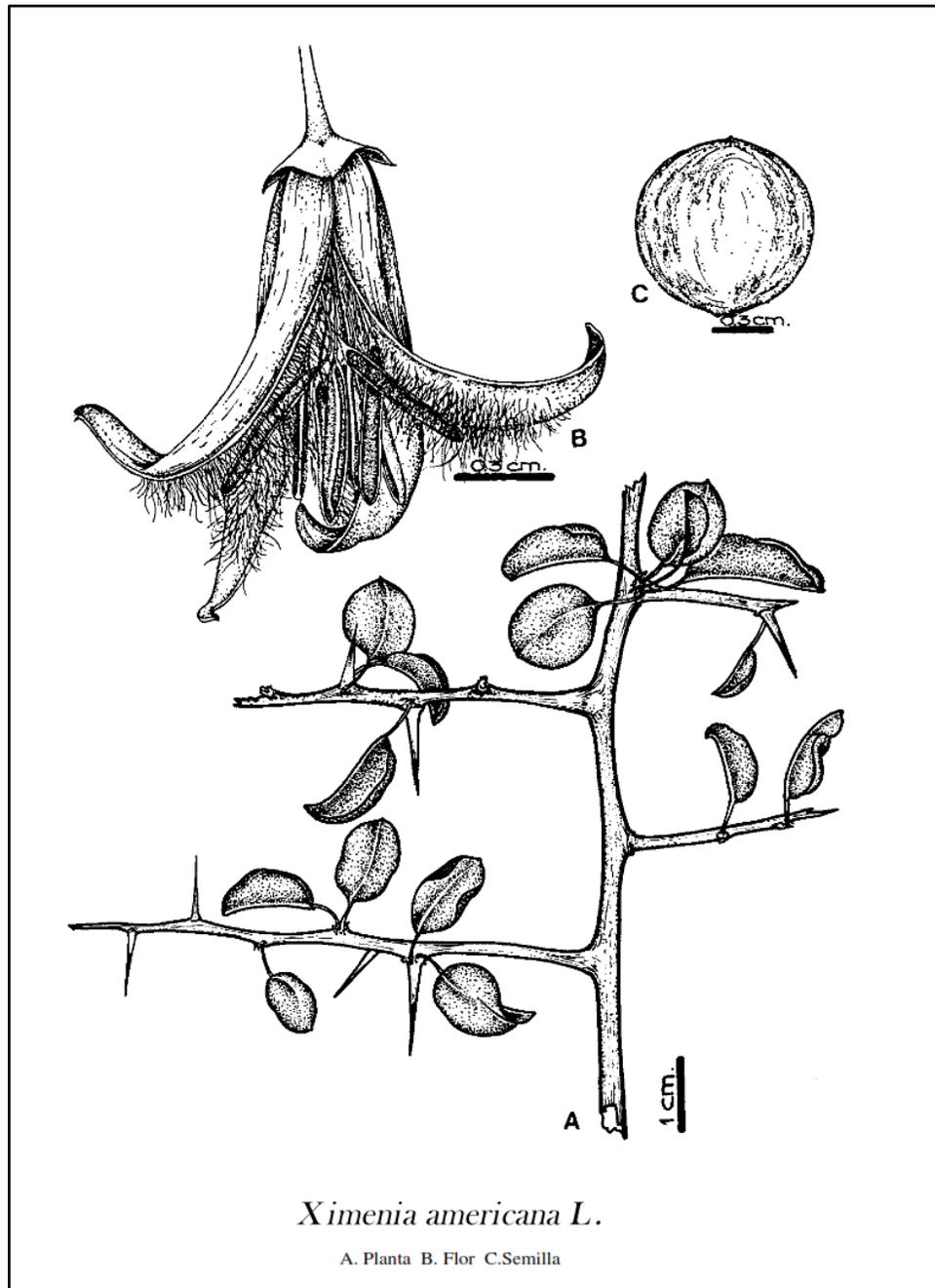
cianogénicos. Por tal razón, las hojas deben ser cocinadas completamente antes de comerse, y no se recomienda consumirlas en grandes cantidades.

Sus flores contienen únicamente cuatro pétalos, que suelen ser muy peludos en la parte interna. Son de color amarillo ocráceo y desprenden un agradable aroma. El fruto es una especie de jocote silvestre, de color amarillo anaranjado, que puede llegar a medir hasta 3 centímetros de diámetro. En la parte interna, se encuentra una semilla lignosa, que mide aproximadamente 1,3 centímetros de diámetro. La superficie de la semilla suele ser muy frágil.

Esta planta fue nombrada en honor a Francisco Ximénez, un monje español dedicado a la botánica. Más adelante Carlos Linneo, un científico naturalista, botánico y zoólogo sueco estudió más profundamente a la planta, por lo que recibió el nombre completo de *Ximenia americana* L., con el que se le conoce hoy en día.

A continuación, se muestran algunas imágenes de esta especie, para apreciar los rasgos anteriormente descritos.

Figura 7. *Ximenia americana* L.



Fuente: SCOONES, Cecilia. *Ximenia americana* L.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42800516>. Consulta: 11 de abril de 2016.

Figura 8. **Fruto y hoja de *Ximenia americana* L**



Fuente: World Agroforestry Centre. *Fruto y hoja*.

[http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Ximenia\\_americana.PDF](http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Ximenia_americana.PDF). Consulta: 11 de abril de 2016.

Figura 9. **Corteza de *Ximenia americana* L**



Fuente: World Agroforestry Centre. *Corteza de Ximenia americana L*.

[http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Ximenia\\_americana.PDF](http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Ximenia_americana.PDF). Consulta: 11 de abril de 2016.

Figura 10. **Flor de *Ximenia americana* L**



Fuente: World Agroforestry Centre. *Flor de Ximenia americana L.*  
[http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Ximenia\\_americana.PDF](http://www.worldagroforestry.org/treedb/AFTPDFS/Ximenia_americana.PDF). Consulta: 11 de  
abril de 2016.

Figura 11. ***Ximenia americana* L. en su hábitat natural**



Fuente: Pakistan Botanical Society. *Ximenia americana L. en su hábitat natural.*  
[http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44\(4\)/01.pdf](http://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44(4)/01.pdf). Consulta: 11 de abril de 2016.

### 2.6.1. Límites biofísicos y requerimientos climáticos

“*Ximenia americana* L. requiere de ciertas condiciones para poder propagarse. Dentro de ellas figuran una altitud entre 900 y 2000 metros sobre el nivel del mar, una temperatura promedio entre 14 y 30 °C y una precipitación anual promedio entre 300 y 1250 mm. Esta planta se reproduce por lo general en áreas costeras, por lo que es resistente a la sequía.”<sup>22</sup>

El municipio de San Martín Jilotepeque está situado al norte del departamento de Chimaltenango, a una distancia de 18,5 kilómetros, partiendo de la plaza municipal, la cual está separada de la ciudad capital por 72 km. Este municipio se encuentra ubicado a una altura de 1 785,55 metros sobre el nivel del mar. La temperatura promedio de este municipio es de 26 °C, lo cual le confiere las condiciones favorables para el cultivo de esta planta.

### 2.6.2. Principios activos

“Dentro de los compuestos que han sido identificados en *Ximenia americana* L., figuran saponinas, glicósidos, flavonoides, taninos, fenoles, alcaloides, quinonas y terpenoides.”<sup>23</sup> Además, también se sabe que la planta es rica en ácidos grasos y glicéridos, y las semillas contienen derivados de cianuro.

“Al realizar extractos acuosos y metanólicos de las hojas, cáscara, tallo y raíz, los principales componentes activos encontrados fueron carbohidratos en forma de azúcares, almidón soluble (excepto para el extracto acuosos del

---

<sup>22</sup> HUNDE Feyssa, Debela, NJOKA, Jesse y ASFAW, Zemedu. *Uses and management of Ximenia americana, Olacaceae in semi-arid east Shewa, Ethiopia*. p. 49.

<sup>23</sup> GEYID, Aberra, ABEBE, Dawit y DEBELLA, Asfaw. *Screening of medicinal plants of Ethiopia for their anti-microbial properties and chemical profiles*. p. 59.

agua). Saponinas, glicósidos cardiotónicos y antraquinonas estuvieron presentes en todos los extractos, excepto en los extractos acuosos de las hojas”<sup>24</sup>

### **2.6.3. Actividad biológica**

Las investigaciones en los últimos diez años han demostrado que los principios activos presentes en *Ximenia americana* L. presentan distintas actividades biológicas, que se listan a continuación:

#### **2.6.3.1. Actividad antimicrobiana y antifúngica**

En general, para evaluar la base científica para el uso de diversas plantas empleadas para tratar enfermedades de origen infeccioso, se investigan y analizan los extractos crudos de estas. “La actividad antimicrobiana de los extractos de varias partes de las plantas investigadas, como la raíz, hojas, semillas y frutos parece deberse a la presencia de metabolitos secundarios como polifenoles, triterpenos, taninos, alcaloides, glicósidos y polisacáridos”<sup>25</sup>

Varios de los extractos de diversas partes de *Ximenia americana* L. han mostrado inhibir o retardar el crecimiento de microorganismos y hongos responsables de varias enfermedades infecciosas, dentro de los cuales se encuentran *Neisseria gonorrhoea*, *Cryptococcus neoformans*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Klebsiella pneumoniae*, entre otros.

---

<sup>24</sup> JAMES, D. B., ABU, E. A., y ORJI, G. N. *Phytochemical and antimicrobial investigation of the aqueous and methanolic extracts of Ximenia americana*. p. 59.

<sup>25</sup> GEYID, Aberra, ABEBE, Dawit y DEBELLA, Asfaw. *Screening of medicinal plants of Ethiopia for their anto-microbial properties and chemical profiles*. p. 49.

### **2.6.3.2. Actividad analgésica**

El extracto acuoso de la corteza del tallo de *Ximenia americana* L., posee propiedades analgésicas que justifican su uso en medicina tradicional en países de África como Tanzania, Senegal, Zimbabue y Nigeria.

Esto fue observado en un estudio, en el que se les inyectó ácido acético a ratones, y el extracto de *Ximenia americana* inhibió la deformación abdominal de estos. Estas propiedades se deben, probablemente, a la presencia de flavonoides y saponinas, detectadas en el extracto empleado. La investigación logró determinar que el extracto que más actividad analgésica presentó durante el experimento fue el metanólico.

### **2.6.3.3. Actividad antipirética**

“La corteza del tallo de *Ximenia americana* L., ha sido utilizado en África Occidental para el tratamiento del dolor y fiebre. Un estudio logró determinar que esta propiedad se debe a la presencia de saponinas. Este resultado permitió justificar el uso de *Ximenia americana* L. para el tratamiento de fiebres.”<sup>26</sup>

### **2.6.3.4. Actividad anticancerígena**

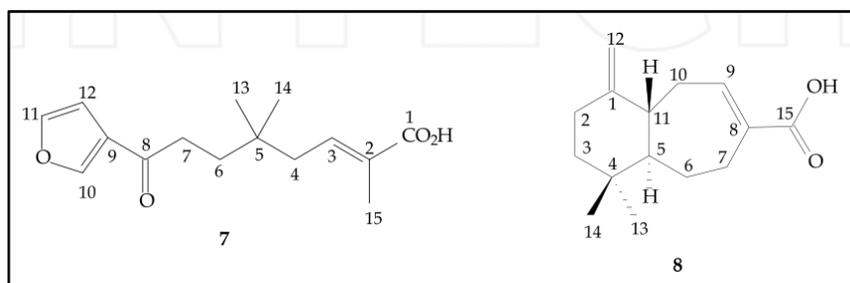
Los extractos de *Ximenia americana* L. han mostrado actividad antineoplásica, es decir, que impide el crecimiento o desarrollo de células tumorales malignas. Un estudio demostró que el extracto acuoso fue el que más actividad antineoplásica demostró (Voss, 1996). Este estudio permitió

---

<sup>26</sup> QUEIROZ Monte, Francisco José, GOMES De Lemos, Telma Leda y SILVA De Araújo, Monica Regina. *Ximenia americana: Chemistry, Pharmacology and Biological Properties, a Review*. p. 89.

determinar que la actividad antineoplásica de *Ximenia americana* L. se debe a la presencia de diversos principios activos, de los cuales, dos sesquiterpenos fueron aislados del extracto etanólico debido a que no inhibieron el crecimiento de células HL-60 (leucemia) y MDA-MB-435 (cáncer de mama).

Figura 12. **Sesquiterpenos aislados de *Ximena americana* L**



Fuente: RAO, Venketeshwer. *Phytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health*. p. 440.

#### 2.6.3.5. Actividad antivírica

El extracto metanólico de la corteza del tallo de *Ximena americana* L. ha sido utilizado en tribus de África del Este para el tratamiento del virus de sarampión.

#### 2.6.4. Efectos hepáticos y hematológicos

El significativo alto contenido de cianuro de hidrógeno, saponinas y oxalatos en los extractos de la raíz de *Ximena americana* L., indican que los extractos más tóxicos son los de la raíz. El cianuro de hidrógeno provoca inflamación gastrointestinal e inhibición de la respiración celular. Las saponinas tienen propiedades hemolíticas y la capacidad de reducir el colesterol en el

cuerpo evitando su reabsorción. Los oxalatos, por su lado, causan nefrosis irreversible cuando se ingieren en grandes cantidades.

Por tal razón, es necesario aislar los componentes responsables de la toxicidad en los extractos de la raíz, para asegurar el beneficio terapéutico al máximo.

### **2.6.5. Toxicidad**

La corteza del tallo de *Ximenia americana* L. fue evaluada por sus constituyentes fitoquímicos y su agudo efecto tóxico en un estudio con ratones. “El análisis fitoquímico del extracto acuoso de la corteza del tallo reveló la presencia de glicósidos cardiotónicos, flavonoides, saponinas y taninos.”<sup>27</sup> Los resultados sugirieron que el extracto acuoso no es extremadamente tóxico en ratones.

### **2.6.6. Composición en alimentos y uso cosmético**

Las mezclas de glicéridos que contienen ácido ximenínico (encontrado en *Ximenia americana* L.) son útiles para la elaboración de suplementos alimentos, incluyendo chocolate, helado, mayonesa, queso, sopas instantáneas, bebidas, barras de cereal y margarina.

Por otra parte, las flores de *Ximenia americana* L. son un suplente para el azahar, ya que poseen un aroma similar y propiedades cosméticas calmantes.

---

<sup>27</sup> QUEIROZ Monte, Francisco José, GOMES De Lemos, Telma Leda y SILVA De Araújo, Monica Regina. *Ximenia americana: Chemistry, Pharmacology and Biological Properties, a Review*. p. 77.

Figura 13. **Ácido ximenínico (ácido trans-11-octadecen-9-oico)**

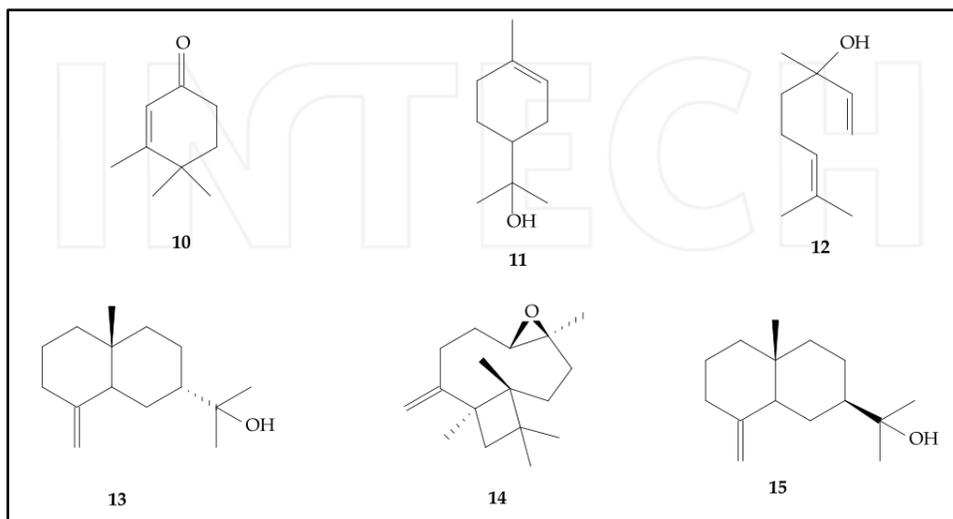


Fuente: RAO, Venketeshwer. *Phytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health*. p. 442.

### 2.6.7. Otros compuestos aislados

Además de las sustancias mencionadas, existe otra diversidad de compuestos aislados de *Ximenia americana* L., los cuales se muestran a continuación:

Figura 14. **Isoprenoides presentes en *Ximenia americana* L**



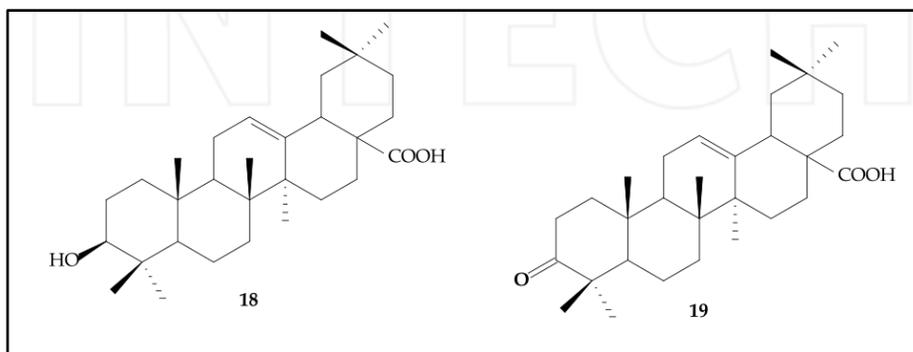
Fuente: RAO, Venketeshwer. *Phytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health*. p. 443.

Figura 15. **Ácidos grasos presentes en *Ximenia americana* L**



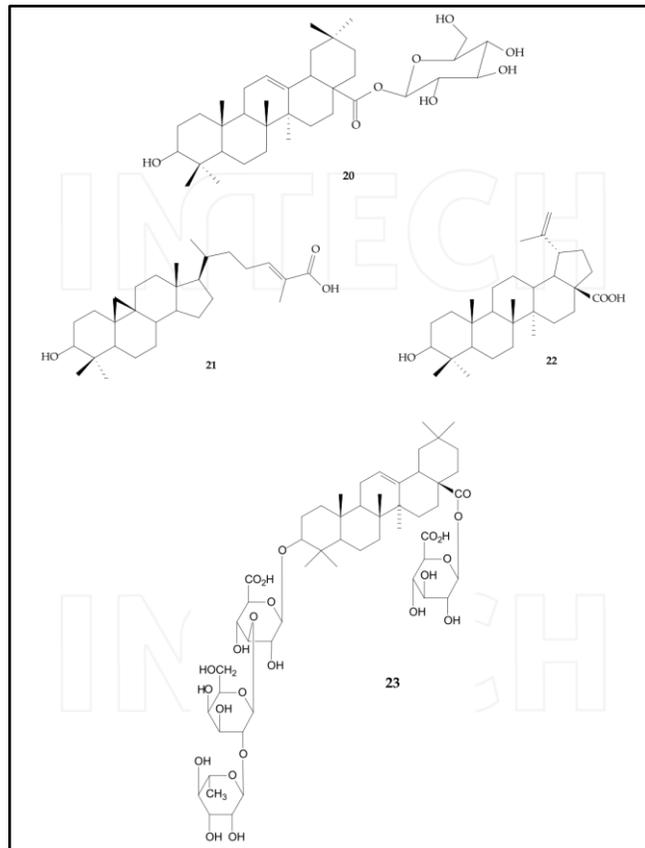
Fuente: RAO, Venketeshwer. *Phytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health*. p. 443.

Figura 16. **Triterpenos presentes en *Ximenia americana* L**



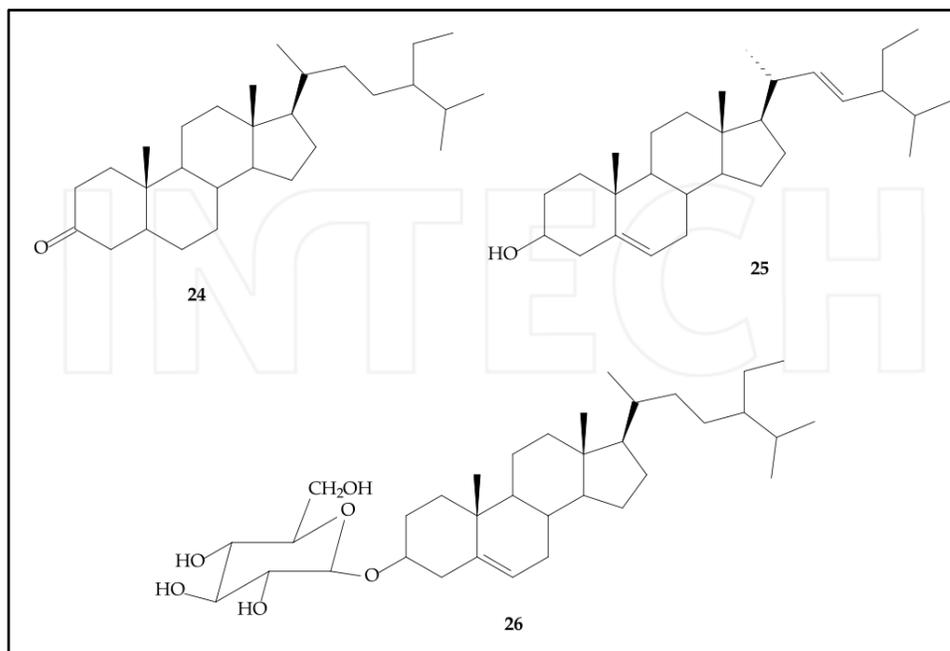
Fuente: RAO, Venketeshwer. *MontPhytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health*. p. 443.

Figura 17. **Triterpenos presentes en *Ximenia americana* L**



Fuente: RAO, Venketeshwer. *MontPhytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health*. p. 444.

Figura 18. Esteroides presentes en *Ximenia americana* L



Fuente: RAO, Venketeshwer. *Phytochemicals – A Global Perspective of Their Role in Nutrition and Health*. p. 445.

### 2.6.8. Productos

Son diversos los productos que pueden ser aprovechados de distintas partes de *Ximenia americana* L., los cuales se listan a continuación:

#### 2.6.8.1. Alimentos

El fruto puede ser utilizado para la elaboración de jugo, jaleas y mermeladas, o una bebida intoxicante. Tanto la semilla como la cáscara contienen ácido cianhídrico, por lo que se recomienda no masticarlos. Las hojas

son comestibles, pero luego de haberse cocinado por completo. El aceite de la semilla puede ser utilizado como sustituto de la manteca vegetal.

#### **2.6.8.2. Combustible**

Los principales usos de la madera son como leña y carbón, ya que el tronco resulta muy pequeño para aprovechar su madera.

#### **2.6.8.3. Taninos**

La corteza del tronco contiene alrededor de 17 % de taninos, que le da un color rojizo al cuero. La raíz también contiene taninos.

#### **2.6.8.4. Lípidos**

El fruto rinde aproximadamente 67,4 % de aceite contenido en la semilla, el cual se emplea como aceite para el cuerpo y el cabello debido a su alto valor nutricional. Este aceite no es comestible, y la presencia de una sustancia similar al cuero lo excluye para diversos usos industriales.

#### **2.6.8.5. Aceite esencial**

Se sabe que el duramen contiene aceite esencial empleado para fumigación. Las flores de igual forma contienen aceite esencial que puede ser un sustituto para el azahar.

#### **2.6.8.6. Alcohol**

En África del Sur, los frutos se han empleado para la elaboración de cerveza casera.

#### **2.6.8.7. Veneno**

“El principal glicósido cianogénico identificado en la planta ha sido la sambunigrina, que es un glicósido del nitrilo del ácido mandélico. Las hojas con una concentración de 100 ppm causan la muerte total del *Bulinus Globus*, un caracol que transmite la esquistosomiasis, una enfermedad parasitaria.”<sup>28</sup> Tanto la corteza seca como el fruto triturado ha sido aplicado en heridas de animales domésticos y para alejar a las moscas.

#### **2.6.8.8. Medicina**

Tanto las hojas como las ramitas se emplean para tratar fiebres, resfriados, como un enjuague bucal para el dolor de muelas, como laxante y loción ocular. La raíz se emplea para tratar problemas de la piel, dolores de cabeza, lepra, enfermedades de transmisión sexual y actúa como un antídoto frente al veneno. El fruto es útil para tratar gripes comunes. La corteza se emplea en decocción, deshidratada o espolvoreada como cicatrizante, y se aplica a úlceras en la piel.

---

<sup>28</sup> VOSS, Cristina, EYOL, Ergül, y BERGER, Martin R. *Identification of potent anticancer activity in Ximenia americana aqueous extracts used by African traditional medicine*. p. 59.

### **2.6.8.9. Otros productos**

La semilla contiene un aceite que no se endurece por la exposición a la atmósfera el cual es utilizado para la fabricación de jabones y lubricantes.

## **2.7. Dermatología**

A continuación, se muestra la historia de la dermatología.

### **2.7.1. Historia**

La palabra “dermatología” proviene del vocablo griego *derma*, que significa “piel”. Desde tiempos remotos, las enfermedades cutáneas siempre muy evidentes han sido interés de estudio, pero no fue sino hasta en el año 1776 (siglo XVIII), que dio inicio la dermatología morfológica, cuando Plenck describió por primera vez las lesiones elementales cutáneas.

“Específicamente, las funciones que incluye la dermatología son la protección contra agentes físicos, químicos, radiaciones, virus, hongos y bacterias.”<sup>29</sup>

### **2.7.2. Definición de dermatología**

“Es la rama de la medicina encargada del estudio, conocimiento y el tratamiento de las enfermedades o afecciones de la piel.”<sup>30</sup> Esta especialidad también vela por la prevención de las enfermedades, de la conservación y

---

<sup>29</sup> ¿Qué son los excipientes? Medicamentoso – blog de farmacia. <http://medicamentoso.cl/que-son-los-excipientes/> [consulta: 2 mayo 2016].

<sup>30</sup> Definición de dermatología. Concepto de – definición de. <http://conceptodefinicion.de/dermatologia> [Consulta: 1 julio 2016].

cuidado de la normalidad cutánea, así como de la dermocosmética, la cual se dedica a la higiene, la protección y la apariencia de la piel humana.

La dermatología puede incluir también el uso de técnicas terapéuticas especiales como las de tratamiento farmacológico tópico, la aplicación de algunos métodos de fisioterapia diseñados para el uso dermatológico, como la fototerapia, crioterapia, radiaciones ionizantes de baja penetración, entre otros, así como métodos quirúrgicos.

### **2.7.3. Excipiente**

“Son aquellos componentes del medicamento que difieren del principio activo, que es la parte que posee el efecto farmacológico.”<sup>31</sup> Estos se utilizan para conseguir la forma farmacéutica deseada (cápsulas, comprimidos, soluciones, etc.) y facilitan la preparación, conservación y administración de los medicamentos. Es el único componente que puede diferir cuando comparamos un medicamento genérico y su equivalente de marca.

Como norma general, las compañías farmacéuticas deben ser capaces de demostrar que un excipiente es seguro para su uso antes de comercializar cualquier medicamento que contenga el producto, y los ingredientes inactivos pueden ser incluidos en las etiquetas de medicamentos para cumplir con la legislación, dependiendo de cada país. En Guatemala, se aplica el Reglamento Técnico Centroamericano para realizar el análisis microbiológico y garantizar la inocuidad del producto farmacéutico.

---

<sup>31</sup> ¿Qué son los excipientes? Medicamentosos – blog de farmacia. <http://medicamentosos.cl/que-son-los-excipientes/>. [consulta: 2 mayo 2016].

#### **2.7.4. Tratamientos tópicos**

“Es todo aquel que se aplica directamente sobre la piel. Cualquier medicamento cuyo fin sea el tratamiento tópico está constituido por dos componentes: el principio activo y los excipientes.”<sup>32</sup> Los dos son de suma importancia. Por lo regular, el excipiente se escoge en función del grado de humedad e inflamación de la lesión, mientras que la enfermedad determina el principio activo a utilizar. De hecho, emplear un principio activo adecuado en un excipiente erróneo no solamente puede resultar inútil, sino que puede llegar a ser contraproducente y, por el contrario, en ocasiones la aplicación del excipiente adecuado puede por sí solo mejorar una dermatosis.

#### **2.7.5. Formas farmacéuticas**

A continuación, se muestran las soluciones de las formas farmacéuticas.

##### **2.7.5.1. Soluciones**

“Sus propiedades fundamentales radican en que se secan por evaporación, produciendo así un efecto antiinflamatorio.”<sup>33</sup> También limpian la piel de exudados y costras, y ayudan a mantener el drenaje de zonas infectadas.

Cuando las soluciones contienen partículas no disueltas de polvo en su interior se denominan suspensiones, las cuales tienen además la propiedad de que al evaporarse dejan una capa de principio activo sobre la piel.

---

<sup>32</sup> ¿Qué son los excipientes? Medicamentoso – blog de farmacia. <http://medicamentoso.cl/que-son-los-excipientes/>. [consulta: 2 mayo 2016].

<sup>33</sup> SERNA, J., VITALES, M. y LÓPEZ, M. C. *Dermatología*. p. 94.

Las soluciones que tienen como componente principal al alcohol, el propilenglicol u otros hidrocarburos, se llaman lociones.

#### **2.7.5.2. Geles**

Los geles son fluidos en estado semisólido, que se licúan al calentarse en contacto con la piel, dejando una capa no grasa y no oclusiva.

#### **2.7.5.3. Ungüentos y pomadas**

“Ambos son una mezcla de grasas y agua. Los ungüentos están compuestos fundamentalmente por grasas, con una mínima proporción de agua. Las pomadas contienen una mayor proporción de agua.”<sup>34</sup> Tienen la capacidad de formar una capa impermeable sobre la piel que impide la evaporación de agua, aumenta la hidratación, retiene el calor y aumenta la absorción percutánea de los principios activos que contienen.

#### **2.7.5.4. Cremas**

Igual que las pomadas y ungüentos, son una mezcla de grasas y agua, pero con un contenido mayor de agua. Dependiendo de la proporción de agua, las cremas pueden dividirse en dos tipos: las emulsiones de agua en aceite y las emulsiones de aceite en agua, que son menos grasosas, por lo que se absorben mejor dejando menos residuo graso, lo que las hace cosméticamente más aceptables.

---

<sup>34</sup> LARRONDO Muguercia, Rubén José, LARRONDO Lamadrid, Rubén José y HERNÁNDEZ García, Luis Manuel. *Formulario dermatológico básico para el médico de la familia*. p. 4.

#### **2.7.5.5. Polvos**

Son partículas sólidas muy finas. Son secantes, y disminuyen la maceración y la fricción. Con las secreciones, forman una masa grumosa con la que se favorece el crecimiento microbiano. Los polvos son los excipientes que proporcionan la absorción cutánea más baja del principio activo que contienen.

Cuando se mezclan con ungüentos, se denominan pastas. Su aplicación resulta difícil, pero, a diferencia de los ungüentos, pomadas y cremas, permanecen en el lugar de aplicación al calentarse. Su principal propiedad es la capacidad de absorción de agua y la protección mecánica de la piel, por lo que son el excipiente idóneo para los pliegues.

#### **2.7.6. Preservantes**

“Para garantizar una conservación efectiva, el método de elección consiste en incluir uno o más agentes antimicrobianos dentro de la formulación del producto, los cuales deben ser compatibles con los otros ingredientes de la fórmula, además de conservar la eficacia durante un período prolongado de tiempo. Estos agentes no deben ser nocivos para la piel del consumidor, lo que podría representar irritaciones o picaduras luego de aplicar el producto.”<sup>35</sup>

Para la elección de un agente antimicrobiano como preservante, debe analizarse su molécula, la cual deberá tener un buen coeficiente de partición aceite-agua, ya que los microbios por lo general se encuentran en la fase acuosa de la fórmula. No debe inactivarse por factores exteriores tales como el pH y el proceso de fabricación.

---

35 FERNANDEZ-MONTES, Enrique Alía. *Control de calidad en fórmulas dermatológicas*. p. 94.

En general, los productos elaborados a base de emulsiones son los más vulnerables para el desarrollo de microorganismos. Una forma de preservar un producto es el desarrollo de una fórmula auto conservable, a través del uso de materias primas que no promuevan el cultivo de gérmenes y la optimización de su contenido relativo. El uso de humectantes, como glicerina o sorbitol a un nivel suficiente, repercute en una fórmula más resistente.

Otros ingredientes, como alcoholes, detergentes catiónicos, fragancias y ácidos lipofílicos (como el ácido láurico y mirístico) empleados como emulsificantes, poseen propiedades antibacterianas que pueden contribuir a la autopreservación del producto.

#### **2.7.7. Control microbiológico**

“Son diversos los factores físicos que inciden en el desarrollo microbiano, lo cual debe tomarse en cuenta al momento de la formulación del producto.”<sup>36</sup> La humedad favorece este desarrollo, e indudablemente los preparados más susceptibles son aquellos que contienen agua como solvente o como integrante de una de las fases.

Así mismo, la temperatura es otro factor que influye en el desarrollo de los gérmenes. Las bacterias, generalmente, se desarrollan entre los 20 °C y 45 °C, aunque su temperatura óptima suele ser de 35 °C a 37 °C. Los hongos requieren una menor temperatura. El almacenamiento a temperaturas alejadas de las mencionadas reduce considerablemente el desarrollo.

---

<sup>36</sup> 36 FERNANDEZ-MONTES, Enrique Alía. *Control de calidad en fórmulas dermatológicas*. p. 94.

En general, las bacterias se desarrollan en una zona estrecha de pH. Los hongos en una más amplia. El ajuste del pH hacia las zonas más ácidas o alcalinas representa un recurso para incrementar la eficacia de los conservadores o disminuir la velocidad de desarrollo de los microorganismos. Los gérmenes que no deben ser encontrados en el producto son los patógenos.

En emulsiones y cremas, no debe encontrarse *Pseudomona auriginosa*, ampliamente expandido y resistente a gran cantidad de antisépticos. Lo más difícil es conservar emulsiones aceite en agua, sobre todo si el agente emulsificante es de tipo no iónico, que suele constituir buen sustrato para gérmenes.

## **2.8. Control de calidad**

“Son diversos los ensayos y controles que deben realizarse a las distintas formas farmacéuticas de uso tópico, que frecuentemente son prescritas en formulación magistral (emulsiones, pomadas, hidrogeles, champús, suspensiones y soluciones), una vez finalizados los procesos de elaboración (producto terminado). Dichos ensayos tienen como fin determinar si el producto posee una calidad óptima, apta para el consumo humano. Dentro de los ensayos que se realizan a cremas están: homogeneidad, consistencia, extensibilidad, pH y el peso de la fórmula terminada descontando el envase.”<sup>37</sup>

## **2.9. Formulación cualitativa de la crema dermatológica**

“Las formulaciones dermatológicas constituyen un aspecto peculiar en la terapéutica externa de las enfermedades de la piel. Estas combinan principios

---

<sup>37</sup> 37 FERNANDEZ-MONTES, Enrique Alía. *Control de calidad en fórmulas dermatológicas*. p. 94.

activos, agentes inertes y vehículos para aplicarse sobre la piel según el estado evolutivo de la enfermedad.”<sup>38</sup> Proveen al experimentador la posibilidad de agregar, sustituir o eliminar componentes en cada caso en particular, según predomine uno u otro síntoma o signo, lo que incrementa notablemente las posibilidades terapéuticas ante el caso en cuestión.

### **2.9.1. Ingredientes**

Agua desionizada (solvente), óxido de zinc (astringente), propilenglicol (humectante), alcohol cetílico (coemulsificante), extracto etanólico del jocote del diablo (principio activo), DMDM hidantoína (preservante), aceite mineral (emoliente), BCare ET (emulsificante), miristato de isopropilo y silicona cosmética.

---

<sup>38</sup> LARRONDO Muguercia, Rubén José, LARRONDO Lamadrid, Rubén José y HERNÁNDEZ García, Luis Manuel. *Formulario dermatológico básico para el médico de la familia*. p. 77.

### 3. DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Localización

Las instalaciones en las que se llevó a cabo la fase experimental de este estudio, considerando la caracterización botánica de la especie, obtención de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla de *Ximenia americana* L., caracterización fisicoquímica y tamizaje fitoquímico de estos y la formulación y análisis de la crema dermatológica fueron las que se listan a continuación:

- Herbario BIGU, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), Sección de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Unidad de Análisis Instrumental (UAI), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Análisis Fisicoquímico (LAFIQ), Sección de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

- Departamento de Farmacia Industrial, en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala.

### 3.2. Variables

Durante el presente estudio de investigación, la fase experimental permitió la manipulación de variables dependientes e independientes, las cuales se detallan a continuación.

#### 3.2.1. Variables independientes

Son aquellas cuyo valor no depende de otra variable.

Tabla I. **Variables independientes para el proceso de extracción por maceración dinámica a escala laboratorio**

Número	Variable	Dimensional	Descripción
1	Parte de la planta	Adimensional	Semillas del fruto y hojas
2	Concentración del solvente a utilizar	g de agua/g alcohol	Soluciones de alcohol etílico-agua a diferentes proporciones
3	Tiempo de extracción	h	El tiempo de maceración dinámica se mantuvo constante (4 horas)
4	Temperatura de extracción	°C	La temperatura de extracción se mantuvo constante (25 °C)
5	Relación materia prima-solvente	g de materia prima/g solvente	La relación utilizada entre la materia prima y el solvente se mantuvo en una proporción de 1:15

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Variables independientes para la formulación de la crema dermatológica**

Número	Variable	Dimensional (SI)	Descripción
1	Agente dermatológico activo	G	Extracto etanólico de la hoja y semilla de <i>Ximenia americana</i> L.
2	Tipo de tratamiento tópico	Adimensional	Crema dermatológica

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2. Variables dependientes

Son aquellos cuyos valores dependen de los que tomen otra variable.

Tabla III. **Variables dependientes para el proceso de extracción por maceración dinámica a escala laboratorio**

Número	Variable	Símbolo	Dimensionales (SI)	Descripción
1	Porcentaje de rendimiento	%	Adimensional	Porcentaje obtenido del extracto etanólico.
2	Densidad	$\rho$	g/mL	La densidad de los extractos obtenido tendrá valores similares.
3	Índice de refracción	n	Adimensional	En función de la concentración de alcohol etílico-agua.
4	Potencial de hidrógeno	pH	Adimensional	El pH de los extractos tendrá valores similares.
5	Volumen de extracto obtenido	v	mL	En función de la concentración de alcohol etílico-agua
6	Componentes activos del extracto	%	Adimensional	En función de la concentración de alcohol etílico-agua

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Variables dependientes para la formulación de la crema dermatológica**

Número	Variable	Símbolo	Dimensionales	Descripción
1	Apariencia	-	Adimensional	En función de la concentración de alcohol etílico-agua
2	Color	-	Adimensional	En función de la concentración de alcohol etílico-agua
3	Viscosidad	$\eta$	Pa·s	En función del número de muestra
4	pH	-	Adimensional	En función de la concentración de alcohol etílico-agua
5	Eficacia	-	Adimensional	En función de la concentración de alcohol etílico-agua
6	Recuento de microorganismos	-	UFC/g	En función del número de muestra

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.3. Variable de respuesta

Con base en el diseño experimental realizado en el presente estudio de investigación, fue posible determinar que la variable de respuesta para el proceso extractivo a escala laboratorio de los extractos del jocote del diablo fue el rendimiento extractivo, en términos de la concentración de alcohol etílico utilizada (45, 70 y 95 %) y la parte de la planta empleada (hoja y semilla del fruto). Por otra parte, para la formulación de la crema dermatológica la variable de respuesta fue la utilización del extracto como ingrediente activo, en función del porcentaje del solvente y la parte de la planta utilizados para su obtención.

### **3.3. Delimitación del campo de estudio**

Durante la fase experimental, se llevaron a cabo diferentes actividades, las cuales se detallan a continuación.

#### **3.3.1. Obtención de la materia prima**

Se recolectó en la Aldea Sacalá las Lomas, en el municipio de San Martín Jilotepeque y departamento de Chimaltenango, donde la materia prima se cortó directamente de los árboles y se colocó cuidadosamente en cajas de cartón, separándolas con hojas de papel periódico. Se transportaron a la Sección de Química Industrial, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### **3.3.2. Caracterización botánica de la especie**

La identificación de la especie para la obtención de los extractos etanólicos se realizó en el Herbario BIGU, ubicado en la Escuela de Biología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, en la Universidad de San Carlos de Guatemala, ciudad universitaria, zona 12.

#### **3.3.3. Secado de la materia prima**

El proceso de secado para las hojas y semilla del fruto de *Ximenia americana* L. se llevó a cabo en un secador de bandejas eléctrico de flujo transversal, el cual se encuentra en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), en la sección de Química Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ciudad universitaria, zona 12. El objetivo era obtener una humedad inferior al 10 %, para inhibir el crecimiento de mohos y levaduras

en la especie vegetal. Al realizar la medición, se obtuvo un porcentaje de 8,82 % para la hoja y 5,52 % para la semilla del fruto, por lo que la especie vegetal alcanzó las condiciones óptimas de secado.

#### **3.3.4. Obtención de los extractos etanólicos**

Las partes vegetales utilizadas fueron las hojas y las semillas del fruto. Posterior al secado, fue necesario la disminución del tamaño de partícula, para luego, mediante maceración dinámica, obtener los extractos, utilizando como solvente soluciones de alcohol etílico-agua a 3 diferentes concentraciones. Dicho procedimiento se realizó en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE-, en la sección de Química Industrial de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ciudad universitaria, zona 12.

#### **3.3.5. Análisis fisicoquímico de los extractos**

Los análisis que implicaron la determinación de propiedades fisicoquímicas tales como índice de refracción, densidad y potencial de hidrógeno para los extractos obtenidos, y se realizaron en el Laboratorio de Extractos Vegetales, en la sección de Química Industrial de la Universidad de San Carlos y en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala; ambos ubicados en la ciudad universitaria zona 12.

#### **3.3.6. Análisis cualitativo de los extractos de la hoja de *Ximenia americana* L.**

Los análisis relacionados con la investigación de taninos, flavonoides, alcaloides, saponinas y antraquinonas para la realización del tamizaje

fitoquímico de los extractos etanólicos de la hoja se llevaron a cabo en el Laboratorio de Investigación de Productos Naturales (LIPRONAT), ubicado en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **3.3.7. Análisis cuantitativo de los extractos de la semilla del fruto de *Ximenia americana* L.**

La determinación de los principales componentes químicos presentes en los extractos de la semilla del fruto se realizó a través de un perfil de ácidos grasos en la Unidad de análisis instrumental (UAI) ubicado en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia en la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **3.3.8. Formulación y control de la crema dermatológica**

Se llevó a cabo la formulación de una crema dermatológica a partir del extracto obtenido. Para determinar su calidad, se realizó una evaluación del cumplimiento de parámetros fisicoquímicos, en lo que respecta a color, olor, apariencia, viscosidad y potencial de hidrógeno, con base en el Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 71.03.45:07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad”.

Dicha formulación se realizó en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), en la sección de Química Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La evaluación de parámetros fisicoquímicos se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Fisicoquímico (LAFIQ), en la sección de Química Industrial de la Facultad de Ingeniería, y en el Laboratorio de Farmacia Industrial, en la

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **3.3.9. Análisis microbiológico de la crema dermatológica**

Análisis en relación con el recuento total de mesófilos aerobios, recuento total de mohos y levaduras y recuento de coliformes totales, se llevaron a cabo en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos (LAFYM), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 3ª calle 6-47 zona 1. Los métodos de referencia utilizados fueron *Pharmacopea USP*. Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano 71.03.45:07.

### **3.3.10. Recursos humanos disponibles**

- Investigador: Luis Emilio Garcia Laj.
- Asesores: Inga. Telma Maricela Cano Morales e Ing. Mario José Mérida Meré.

### **3.3.11. Recursos materiales disponibles**

Agua desmineralizada, óxido de zinc, propilenglicol, alcohol cetílico, hojas y fruto de *Ximenia americana* L., DMDM hidantoína, aceite mineral, emulsificante, miristato de isopropilo, silicona cosmética, etanol al 95 %, entre otros.

### 3.3.11.1. Materia prima y reactivos

La materia prima y reactivos utilizados en el presente estudio fueron agua desmineralizada, etanol al 95 %, óxido de zinc, propilenglicol, alcohol cetílico, hojas y fruto de *Ximenia americana* L., DMDM hidantoína, aceite mineral, emulsificante, miristato de isopropilo, silicona cosmética, entre otros.

Tabla V. **Materia prima y reactivos utilizados para la obtención de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) y en la formulación de la crema dermatológica**

<b>Materia prima</b>	Hojas y fruto del jocote del diablo ( <i>Ximenia americana</i> L.)
<b>Reactivos</b>	Etanol al 95 %
	Alcohol cetílico
	Silicona cosmética
	Miristato de isopropilo
	Aceite mineral
	Propilenglicol
	Óxido de zinc
	Agua desmineralizada
	DMDM Hidantoína
	emulsificante

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.11.2. Instrumentos de laboratorio, cristalería y recursos generales

Agitadores magnéticos, beakers de 1000, 600, 150, 100 y 30 ml, embudo büchner, varilla de vidrio, vidrio de reloj, viales color ámbar de 5 y 10 ml, botas industriales, bata, mascarilla, guantes de látex, cofia, pomaderas, cuaderno de

bitácora, papel parafilm, cámara fotográfica, kitasato, espátulas metálicas, papel filtro, balones de fondo redondo, probeta de 100 ml.

Tabla VI. **Instrumentos de laboratorio y cristalería empleados en la caracterización fisicoquímica de los extractos etanólicos de *Ximenia americana* L. y formulación de la crema dermatológica**

<b>Instrumentos de laboratorio</b>	Agitadores magnéticos
	Espátula metálica
	Embudo büchner
<b>Cristalería</b>	Beakers de 1000, 600, 150, 100 y 30 ml
	Varilla de vidrio
	Vidrio de reloj
	Viales color ámbar de 5 y 10 ml
	Kitasato
	Balones de fondo redondo
	Probeta de 100 ml

Fuente: elaboración propia

Tabla VII. **Recursos generales**

<b>Equipo de seguridad</b>	Botas industriales
	Bata
	Mascarilla
	Guantes de látex
	Cofia
<b>Otros</b>	Pomaderas
	Cuaderno de bitácora
	Papel filtro
	Papel parafilm
	Cámara fotográfica

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.11.3. Instrumentos de medición y equipo auxiliar

- Termómetro
- Picnómetro. Marca: LMS. Material: vidrio borosilicato. Capacidad: 1,030 ml.

Figura 19. **Picnómetro**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

- Balanza analítica. Marca: BOECO Germany. Modelo: BBL 31. Frecuencia: 50/60 Hz. Carga máxima: 210 g. Legibilidad: 0,1 mg. Potencia: 1 W.

Figura 20. **Balanza analítica digital**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

- Secador eléctrico de bandejas de flujo transversal. Marca: Premlab. Frecuencia: 60 Hz. Voltaje: 220 V. Potencia: 12 kW. Material: el interior está fabricado de acero inoxidable resistente a altas temperaturas, y recubierto con fibra de vidrio como aislante térmico. Temperatura máxima: 150 °C. Legibilidad  $\pm 1$  °C.

Figura 21. **Secador eléctrico de bandejas de flujo transversal**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

- Papel indicador universal de pH. Marca: DF. Presentación: rollo de 5 m. Rango de medida: 0-14 pH. Resolución: 1 pH.

Figura 22. **Papel indicador universal de pH**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

- Refractómetro. Marca: ATAGO. Modelo: NAR-1T LIQUID. Frecuencia: 50/60 Hz. Rango de medición: 1,3000 a 1,7000 (nD). Exactitud:  $\pm 0,0002$  (nD). Rango de temperatura del termómetro digital: 0,0 a 50,0 °C. Exactitud:  $\pm 0,2$  °C.

Figura 23. **Refractómetro**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Productos Naturales, T-10,  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

- Balanza de humedad. Marca: OHAUS. Modelo: MB35. Frecuencia: 50/60 Hz. Rango de humedad: 0,01 a 100,00 %. Intervalo de temperatura: 50 a 160 °C (incrementos de 5 °C).

Figura 24. **Balanza de humedad**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Productos Naturales, T-10,  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

- Rotaevaporador. Marca: Büchi. Modelo: R II. Frecuencia: 50/60 Hz. Potencia: 60 W. Velocidad de rotación: 20-280 rpm. Rango de temperatura para el baño de calentamiento: 20 a 95 °C. Legibilidad:  $\pm 5$  °C. Potencia del baño de calentamiento: 1 700 W.

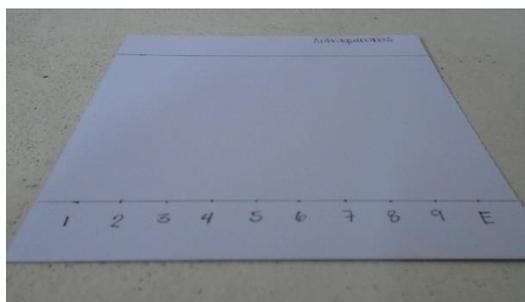
Figura 25. **Rotaevaporador**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

- Placas cromatográficas. Marca: Merck. Aglutinante polimérico: gel sílice 60 F<sub>254</sub>. Grosor de capa: 200  $\mu\text{m}$ . Material: aluminio flexible.

Figura 26. **Cromatofolios de aluminio**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Productos Naturales, T-10, Facultad  
de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

- Báscula. Marca: OHAUS. Modelo: T32XW. Serie: Defender 3000 Xtreme W. Carga máxima: 150 kg. Carga mínima: 1 kg. Legibilidad: 0,05 kg.

Figura 27. **Báscula**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

- Campana de extracción de gases. Marca: PREMLAB. Material: fibra de vidrio. Resistente al ataque de ácidos y solventes. Voltaje: 100 V. Potencia: 900 W.

Figura 28. **Campana de extracción de gases**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

- Plancha de calentamiento con agitación. Marca: Corning. Modelo: PC 420. Frecuencia: 60 Hz. Potencia: 698 W. Voltaje: 120 V. Rango de temperatura: 25 a 550 °C. Rango de revoluciones por minuto: 60 a 1 100 rpm.

Figura 29. **Plancha de calentamiento con agitación**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

- Bomba de vacío. Marca: GAST. Modelo: 0523-V4F-G588DX. Potencia: 0,19 kW. Frecuencia: 50/60 Hz. Presión máxima: 10 psi (0,7 bar). Vacío máximo: 26,5 in-Hg. Rango de flujo de aire: 6,8 a 7,7 m<sup>3</sup>/h.

Figura 30. **Bomba de vacío**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

- Viscosímetro. Marca: Brookfield. Modelo: LVT. Voltaje: 115 V.  
Frecuencia: 60 Hz. Exactitud:  $\pm 500$  cP.

Figura 31. **Viscosímetro**



Fuente: Departamento de Farmacia Industrial, T-12, Facultad  
de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

- Potenciómetro. Marca: Hach. Rango de medición: -2,00 a 19,99 pH. Exactitud: inferior a  $\pm 0,01$  pH. Temperatura de funcionamiento: 0 a 50 °C. Exactitud: inferior a  $\pm 0,2$  °C.

Figura 32. **Potenciómetro**



Fuente: Laboratorio de Análisis Físicoquímico, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

### 3.4. **Técnica cualitativa y cuantitativa**

Para esta investigación se empleó una técnica cuantitativa para la determinación de las propiedades fisicoquímicas de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto de *Ximenia americana* L., como el índice de refracción, la densidad y el potencial de hidrógeno.

Para la identificación de metabolitos secundarios se utilizó una técnica cualitativa, dado que se realizó un tamizaje fitoquímico. Mediante reacciones coloridas y cromatografía en capa fina, se identificaron los principales metabolitos secundarios presentes en los extractos etanólicos de la hoja de *Ximenia americana* L. Además, para la identificación de los principales ácidos

grasos presentes en la semilla del fruto de *Ximenia americana* L., se llevó a cabo un análisis de perfil de ácidos grasos mediante cromatografía gaseosa, la cual es una técnica cuantitativa.

Para la formulación de la crema dermatológica y determinación del porcentaje de agente cosmético activo se utilizó una técnica cuantitativa-experimental. Para la evaluación de las propiedades fisicoquímicas y el análisis microbiológico de la crema dermatológica se empleó una técnica cuantitativa.

A continuación, se detalla el procedimiento llevado a cabo en la fase experimental, en función de la técnica cuantitativa y cualitativa empleada para cada análisis.

#### **3.4.1. Secado de la materia prima**

- Se colocaron las ramas y el fruto de *Ximenia americana* L. sobre la mesa de acero inoxidable.
- Se cortó las hojas y se retiró la semilla del fruto, con la ayuda de una navaja.
- Se colocó un pliego de papel Kraft sobre una bandeja, y se taró, utilizando para ello la báscula.
- Se colocó las hojas y las semillas en bandejas diferentes, expandiéndolas a lo largo de ellas.
- Se introdujeron las bandejas con materia prima dentro del secador eléctrico de flujo transversal.
- Se fijó la temperatura a 40 °C.
- Se pesó cada hora las bandejas, y se anotó el peso en el cuaderno de bitácora.

- Se retiró la bandeja del secador al ser reportadas cuando menos 3 mediciones de masa constante.
- Se colocó la materia prima seca en bolsas.
- Se tomó una muestra de 0,5 gramos y se colocó dentro de la balanza de humedad.
- Se accionó la balanza de humedad y se permitió que la muestra permaneciera durante 10 minutos.
- Se verificó que el porcentaje de humedad fuese inferior al 10 %.

#### **3.4.2. Obtención de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto de *Ximenia americana* L. utilizando la técnica de maceración dinámica, a escala laboratorio**

- Se redujo el tamaño de la materia prima seca con las manos para el caso de la hoja y con el procesador de alimentos para el caso de la semilla del fruto.
- Se pesó en la balanza analítica 30 gramos de materia prima previamente triturada, y se colocó en un beacker.
- Se midió 450 mililitros de alcohol etílico al 95 % con ayuda de una probeta.
- En caso de las soluciones de alcohol etílico al 45 y 70 %, se preparó añadiendo la cantidad de agua desmineralizada calculada.
- Se vertió en el beacker con la materia prima.
- Se introdujo un agitador magnético, y se colocó sobre una plancha con agitación.
- Se esperó 4 horas (tiempo de extracción).
- Al finalizar la extracción, se separó las partículas de mayor tamaño con la ayuda de un colador.

- Se filtró la solución restante con ayuda de un embudo *büchner*, y se colocó papel filtro y se accionó la bomba de vacío.
- Se rotaevaporó la solución final, hasta eliminar completamente el solvente.
- Se pesó un vial ámbar, y luego se agregó el extracto.
- Por diferencia de masas se determinó el rendimiento extractivo, a partir de la masa recuperada de extracto.

#### **3.4.3. Cálculo de la densidad del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto de *Ximenia americana* L**

- Se limpió cuidadosamente el picnómetro con alcohol etílico.
- Se taró el picnómetro de 1,030 ml.
- Se vertió una pequeña cantidad de extracto en el picnómetro.
- Se colocó el tapón y se esperó a que el líquido ascendiera por el capilar.
- Se pesó el picnómetro con la muestra.
- A partir de la relación entre la masa del extracto en el picnómetro y el volumen de este último, se calculó la densidad.

#### **3.4.4. Medición del índice de refracción del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto de *Ximenia americana* L.**

- Se limpió cuidadosamente el lente del prisma con xilol.
- Se agregó de dos a tres gotas de extracto en el prisma.
- Se encendió la lámpara, empleando el interruptor ubicado en la parte izquierda y se ajustó, para asegurar el brillo adecuado durante la medición.
- Se giró la perilla de compensación de color, hasta que se observara una línea clara y definida en el campo de visión.

- Se giró la perilla de medición, procurando alinear las líneas de intersección con la línea límite.
- Se movió hacia debajo la palanca de la parte inferior izquierda.
- Se leyó en la parte superior el índice de refracción.
- Se anotó la temperatura a la cual se hizo la medición.
- Se aplicó la corrección utilizando el modelo matemático, para reportar el índice de refracción a 20 °C.

#### **3.4.5. Medición del potencial de hidrógeno del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto de *Ximenia americana* L.**

- Se agregó de 2 a 3 gotas de extracto en un beacker de 30 ml.
- Se agregó 5 mililitros de agua desmineralizada y agitar.
- Se cortó una tira de papel tornasol y se sumergió en la mezcla anterior.
- Se dejó reposar, hasta observar un cambio de coloración.
- Se comparó la coloración obtenida con la escala, y se anotó el valor.

#### **3.4.6. Tamizaje fitoquímico**

A continuación, se detalla cada uno de los análisis llevados a cabo para la identificación de principios activos en los extractos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) obtenidos a escala laboratorio por maceración dinámica, utilizando como solvente de extracción alcohol etílico a 3 diferentes concentraciones.

### **3.4.6.1. Investigación de alcaloides**

A continuación, se detallan los pasos realizados para la identificación de alcaloides en los extractos de hoja.

#### **3.4.6.1.1. Ensayos macro y semimicro**

- Se pesó 0,2 gramos de extracto, y se disolvió en 10 mililitros de metanol.
- Se agregó 2 gotas de solución de hidróxido de amonio al 10 % (p/v).
- Se filtró con papel filtro Whatman 1.
- Se agregó 2 gotas de ácido clorhídrico 2 N para acidificar el filtrado.
- La solución resultante se dividió en 4 tubos y se evaluó de la siguiente manera:
  - Tubo 1: se agregó 5 gotas del reactivo de Mayer's. (Color blanco a crema).
  - Tubo 2: se agregó 5 gotas del reactivo de Dragendorff. (Color rojo a naranja).
  - Tubo 3: se agregó 5 gotas del reactivo de Wagner. (Color marrón).
  - Tubo 4: testigo.
  - Se utilizó como estándar soluciones al 1 % de atropina y papaverina.
  - Se observó durante 2 horas la existencia de precipitados, turbidez o precipitación de complejos en los tubos.

#### **3.4.6.1.2. Cromatografía en capa fina**

- Se pesó 0,1 gramos de extracto y se disolvió en 5 mililitros de metanol.
- Se agregó 1 mililitro de hidróxido de amonio al 10 % (p/v).
- Se agregó 2 gotas de ácido clorhídrico 2 N para acidificar.

- Se filtró y se concentró.

#### **3.4.6.1.3. Preparación de la placa cromatográfica**

- Se cortó una placa de 10 x 18 centímetros de un cromatofolio de aluminio de sílice gel/60 F<sub>254</sub>.
- Se trazó con lápiz una línea horizontal un centímetro arriba de la parte inferior de la placa.
- Se marcó a lo largo de la línea horizontal 5 puntos, dejando 1 centímetro de separación entre cada uno.
- Se inyectó con ayuda de un capilar 10 µL de cada solución preparada (muestra + metanol), en cada punto.
- Se empleó como estándar una solución de atropina y papaverina al 1 % en metanol. Se procuró que la mancha fuese lo más pequeña posible.

#### **3.4.6.1.4. Fase móvil**

- Se seleccionó una de las siguientes fases móviles y en un beacker, se mezcló los componentes de esta.
  - Tolueno-acetato de etilo-dietilamina (70:20:10).
  - Acetato de etilo-metanol-agua (100:13,5:10).
  - Cloroformo-dietilamina (90:10).
  - Acetona-agua-amonio concentrado (90:7:3).
- Se agitó con una varilla de vidrio.
- Se trasladó la mezcla a la cámara cromatográfica.
- Se tapó la cámara cromatográfica para evitar la evaporación.

#### **3.4.6.1.5. Desarrollo de la placa cromatográfica**

- Se colocó la placa dentro de la cámara cromatográfica, procurando que la fase móvil entrara en contacto de manera uniforme.
- Se permitió que las líneas que aparecieron llegaran a una distancia de 2 centímetros debajo del borde superior de la placa.
- Se retiró la placa y se colocó en la campana de extracción, para evaporar la fase móvil.

#### **3.4.6.1.6. Detección**

- Sin tratamiento químico: se introdujo a una cámara de luz ultravioleta y se evaluó según los siguientes criterios:
  - UV 254 nm fluorescencia
  - UV 365 nm algunos fluorescen azul o amarillo
- Reactivo de Dragendorff: se aplicó a la placa el revelador, y se observó la formación de zonas cafés o naranjas.

#### **3.4.6.2. Investigación de flavonoides**

A continuación, se detallan los pasos realizados para la identificación de flavonoides en los extractos de la hoja.

##### **3.4.6.2.1. Ensayos macro y semimicro**

- Se pesó 0,2 gramos de extracto y se disolvió en 10 mililitros de etanol al 95 %.

- Se filtró con papel filtro Whatman 1.
- La solución resultante se dividió en 4 tubos y se evaluó de la siguiente manera:
  - Tubo 1: se agregó 0,5 mililitros de ácido sulfúrico concentrado.
  - Tubo 2: se agregó de 3 a 5 gotas de cloruro férrico al 10 % (p/v).
  - Tubo 3: se agregó 0,5 mililitros de ácido clorhídrico y se calentó en baño maría por 5 minutos.
  - Tubo 4: se agregó magnesio metálico y 0,5 mililitros de ácido clorhídrico concentrado.
  - Tubo 5: testigo.
- Se evaluó las reacciones, cambios de color y/o formación de precipitado comparados con el testigo.
- Se tomó en cuenta los siguientes criterios para el desarrollo inmediato de color:
  - Flavonas y flavonoles: amarillo a rojo.
  - Flavanonoles: rojo a magenta.
  - Flavanonas: rojo, magenta, violeta, azul.
  - Isoflavonas: amarillo.
  - Isoflavononas, chalconas y auronas: no dan coloración.

#### **3.4.6.2.2. Cromatografía en capa fina**

- Se pesó 0,1 gramos de extracto y se disolvió en 5 mililitros de metanol.
- Se colocó en baño maría a una temperatura de 60 °C durante 5 minutos.
- Se filtró la solución con papel Whatman 1.

#### **3.4.6.2.3. Preparación de la placa**

- Se cortó una placa de 10 x 18 centímetros de un cromatofolio de aluminio de sílice gel/60 F<sub>254</sub>.
- Se trazó con lápiz una línea horizontal un centímetro arriba de la parte inferior de la placa.
- Se marcó a lo largo de la línea horizontal 13 puntos, dejando 1 centímetro de separación entre cada uno.
- Se inyectó con ayuda de un capilar 10 µL de cada solución preparada (muestra + metanol), en cada punto.
- Se empleó como estándar una solución de flavonoides al 0,05 % en metanol (10 µL). Se procuró que la mancha fuese lo más pequeña posible.

#### **3.4.6.2.4. Fase móvil**

- Se seleccionó una de las siguientes 3 fases móviles y en un beacker, se mezcló los componentes de esta.
  - Acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético glacial-agua (100:11:11:27).
  - n-butanol-ácido acético-agua (40:10:50).
  - Acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético glacial-etilmetilcetona-agua (50:7:3:30:10)
- Se agitó con una varilla de vidrio.
- Se trasladó la mezcla a la cámara cromatográfica.
- Se tapó la cámara cromatográfica para evitar la evaporación.

#### **3.4.6.2.5. Desarrollo de la placa**

- Se colocó la placa dentro de la cámara cromatográfica, procurando que la fase móvil entrara en contacto de manera uniforme.
- Se permitió que las líneas que aparecieron llegaran a una distancia de 2 centímetros debajo del borde superior de la placa.
- Se retiró la placa y se colocó en la campana de extracción, para evaporar la fase móvil.

#### **3.4.6.2.6. Detección**

- Sin tratamiento químico: se introdujo a una cámara de luz ultravioleta y se evaluó según los siguientes criterios.
  - UV 254 nm fluorescencia, zonas azules o amarillas.
  - UV 365 nm dependiendo de la estructura fluorescen amarillo, azul o verde.
- Reactivo de Productos Naturales (NP/PEG): fluorescencia intensa en UV 365 nm.
  - Solución 1: solución metanólica al 1 % de difenilboriloxietilmina (NP).
  - Solución 2: solución etanólica al 5 % de polietilenglicol (PEG).
- Se aplicó a la placa vapores de amoniaco para intensificar el color de las manchas.

### **3.4.6.3. Investigación de taninos**

A continuación, se detallan los pasos realizados para la identificación de taninos en los extractos de la planta.

#### **3.4.6.3.1. Ensayos macro y semimicro**

- Se pesó 0,1 gramos de extracto, y se disolvió en 5 mililitros de etanol al 95 %.
- Se filtró con papel filtro Whatman 1 y se evaporó a sequedad.
- Se añadió 10 mililitros de agua caliente al residuo, se agitó y se filtró.
- Se agregó 0,5 mililitros de solución de cloruro de sodio al 10 % y se filtró.
- La solución resultante se dividió en 4 tubos y se evaluó de esta forma:
  - Tubo 1: testigo.
  - Tubo 2: se agregó de 4 a 5 gotas de gelatina al 1 % (p/v).
  - Tubo 3: se agregó de 4 a 5 gotas de gelatina-sal (1 % de gelatina y cloruro de sodio al 10 %).
  - Tubo 4: se agregó de 3 a 4 gotas de solución de cloruro férrico al 10 % (p/v).
- Se observó la formación de precipitado y/o cambio de coloración.
- Se tomó en cuenta los siguientes criterios para el desarrollo inmediato de color, con cloruro férrico:
  - Grisáceo-negro: catecol.
  - Negro-azulado: pirogalol.

#### **3.4.6.3.2. Cromatografía en capa fina**

- Se pesó 0,1 gramos de extracto y se disolvió en 5 ml de etanol al 95 %.
- Se colocó en baño maría a una temperatura de 60 °C durante 5 minutos.
- Se filtró la solución con papel Whatman 1.

#### **3.4.6.3.3. Preparación de la placa**

- Se cortó una placa de 10 x 18 centímetros de un cromatofolio de aluminio de sílice gel/60 F<sub>254</sub>.
- Se trazó con lápiz una línea horizontal un centímetro arriba de la parte inferior de la placa.
- Se marcó a lo largo de la línea horizontal 9 puntos, dejando 1 centímetro de separación entre cada uno.
- Se inyectó con ayuda de un capilar 15 µL de cada solución preparada (muestra + etanol), en cada punto.
- Se empleó como estándar una solución de taninos al 0,1 % en metanol (15 µL).

#### **3.4.6.3.4. Fase móvil**

- Se seleccionó una de las siguientes fases móviles y en un beacker, se mezcló los componentes de esta.
  - Acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético glacial-agua (100:11:11:27).
  - n-butanol-ácido acético-agua (40:10:50).
  - Acetato de etilo-ácido fórmico-ácido acético glacial-etilmetilcetona-agua (50:7:3:30:10)

- Se agitó con una varilla de vidrio.
- Se trasladó la mezcla a la cámara cromatográfica.
- Se tapó la cámara cromatográfica para evitar la evaporación.

#### **3.4.6.3.5. Desarrollo de la placa**

- Se colocó la placa dentro de la cámara cromatográfica, procurando que la fase móvil entrara en contacto de manera uniforme.
- Se permitió que las líneas que aparecieran llegaran a una distancia de 2 centímetros debajo del borde superior de la placa.
- Se retiró la placa y se colocó en la campana de extracción, para evaporar la fase móvil.

#### **3.4.6.3.6. Detección**

- Se asperjó la placa cromatográfica con cloruro férrico al 10 %.
- Se evaluó la presencia de zonas azules y verdes, para confirmar la presencia de taninos.
- Esta prueba no es definitiva, ya que el cloruro férrico es revelador de fenoles, por lo que por única excepción se tomó la prueba macro como verdadera.

#### **3.4.6.4. Investigación de antraquinonas**

A continuación, se detallan los pasos realizados para la identificación de antraquinonas en los extractos de la planta.

#### **3.4.6.4.1. Prueba de Bornträger**

- Se pesó 0,1 gramos de extracto y se disolvió en 10 mililitros de etanol al 95 %.
- Se filtró con papel filtro Whatman 1.
- Se extrajo con 10 mililitros de benceno.
- Se añadió 5 mililitros de solución de prueba de amonio a la fase bencénica y se agitó.
- Se observó los cambios de coloración en la fase alcalina (color rojo, rosado: positivos).

#### **3.4.6.4.2. Prueba de Bornträger modificado**

- Se calentó 50 miligramos de extracto y se disolvió en 50 mililitros de hidróxido de potasio alcohólico 0,5 N y 1 mililitro de peróxido de hidrógeno al 3 %.
- Se calentó durante 10 minutos en baño maría a una temperatura de 60 °C.
- Se añadió 10 gotas de ácido acético glacial para acidificar.
- Se extrajo con 10 mililitros de benceno.
- Se agregó 5 mililitros de solución de prueba de amonio a la capa bencénica, y se agitó.
- Se observó los cambios de coloración en la fase alcalina (color rojo, rosado: positivos).

#### **3.4.6.4.3. Cromatografía en capa fina**

- Se pesó 0,1 gramos de extracto y se disolvió en 5 mililitros de metanol.

- Se colocó en baño maría a una temperatura de 60 °C durante 5 minutos.
- Se filtró la solución con papel Whatman 1.

#### **3.4.6.4.4. Preparación de la placa**

- Se cortó una placa de 10 x 18 centímetros de un cromatofolio de aluminio de sílice gel/60 F<sub>254</sub>.
- Se trazó con lápiz una línea horizontal un centímetro arriba de la parte inferior de la placa.
- Se marcó a lo largo de la línea horizontal 10 puntos, dejando 1 centímetro de separación entre cada uno.
- Se inyectó con ayuda de un capilar 10 µL de cada solución preparada (muestra + metanol), en cada punto.
- Se empleó como estándar una solución de antraquinonas al 0,1 % en metanol (10 µL). se procuró que la mancha sea lo más pequeña posible.

#### **3.4.6.4.5. Fase móvil**

- Se seleccionó una de las siguientes fases móviles y en un beacker, se mezcló los componentes de esta.
  - Acetato de etilo-metanol-agua (100:17:13).
  - Acetato de etilo-metanol-agua (100:13,5:10).
- Se agitó con una varilla de vidrio.
- Se trasladó la mezcla a la cámara cromatográfica.
- Se tapó la cámara cromatográfica para evitar la evaporación.

#### **3.4.6.4.6. Desarrollo de la placa**

- Se colocó la placa dentro de la cámara cromatográfica, procurando que la fase móvil entrara en contacto de manera uniforme.
- Se permitió que las líneas que aparecieron llegaran a una distancia de 2 centímetros debajo del borde superior de la placa.
- Se retiró la placa y se colocó en la campana de extracción, para evaporar la fase móvil.

#### **3.4.6.4.7. Detección**

- Sin tratamiento químico: se introdujo a una cámara de luz ultravioleta y se evaluó según los siguientes criterios.
  - UV 254 nm fluorescencia.
  - UV 365 nm fluorescencia amarilla o rojo-café.
- Solución etanólica de hidróxido de potasio al 6 o 10 %.
  - Antraquinonas: zonas rojas en visible y fluorescencia roja en UV 365 nm.
  - Antronas y antranolas: zonas amarillas en visible y fluorescencia amarilla en UV 365 nm.

#### **3.4.6.5. Investigación de saponinas**

A continuación, se detallan los pasos realizados para la identificación de saponinas en los extractos de la hoja.

#### **3.4.6.5.1. Prueba de espuma**

- En 3 tubos de ensayo, se agregó lo siguiente:
  - Tubo 1: 0,1 gramos de extracto.
  - Tubo 2: 2 mililitros de control de saponinas (0,5 %).
  - Tubo 3: 2 mililitros de agua.
- A cada tubo se agregó 10 mililitros de agua desmineralizada.
- Se calentó los tubos en baño maría a una temperatura de 60 °C, durante 30 minutos.
- Los tubos se enfriaron y taparon. Se agitaron vigorosamente de 30 a 40 segundos.
- Se dejó reposar los tubos durante 30 minutos.
- Se observó la formación de capa de espuma, por lo que se confirmó la presencia de saponinas.

#### **3.4.6.5.2. Cromatografía en capa fina**

- Se pesó 0,1 gramos de extracto y se disolvió en 5 mililitros de etanol al 95 %.

#### **3.4.6.5.3. Preparación de la placa**

- Se cortó una placa de 10 x 18 centímetros de un cromatofolio de aluminio de sílice gel/60 F<sub>254</sub>.
- Se trazó con lápiz una línea horizontal un centímetro arriba de la parte inferior de la placa.

- Se marcó a lo largo de la línea horizontal 10 puntos, dejando 1 centímetro de separación entre cada uno.
- Se inyectó con ayuda de un capilar de 25 a 40  $\mu\text{L}$  de cada solución preparada (muestra + metanol), en cada punto.
- Se empleó como estándar una solución de saponinas al 0,1 % en metanol (10  $\mu\text{L}$ ). Se procuró que la mancha sea lo más pequeña posible.

#### **3.4.6.5.4. Fase móvil**

- Se seleccionó una de las siguientes fases móviles y en un beacker, se mezcló los componentes de esta:
  - Cloroformo-metanol-agua (64:50:10).
  - n-butanol-ácido acético-agua (50:10:40).
- Se agitó con una varilla de vidrio.
- Se trasladó la mezcla a la cámara cromatográfica.
- Se tapó la cámara cromatográfica para evitar la evaporación.

#### **3.4.6.5.5. Desarrollo de la placa**

- Se colocó la placa dentro de la cámara cromatográfica, procurando que la fase móvil entrara en contacto de manera uniforme.
- Se permitió que las líneas que aparecieran llegaran a una distancia de 2 centímetros debajo del borde superior de la placa.
- Se retiró la placa y se colocó en la campana de extracción, para evaporar la fase móvil.

#### **3.4.6.5.6. Detección**

Se introdujo la placa cromatográfica a un horno desecador durante 5 minutos a una temperatura de 105 °C y luego, a una cámara de luz ultravioleta y se evaluó según los siguientes criterios.

- Reactivo de sangre, zonas hemolíticas blancas en fondo rojo (reactivo de Liebermann-Burchard:
  - Saponinas esteroidales: UV 365 nm zonas azules y verdes.
  - Triterpenoides: zonas rojas y violetas.
- Reactivo de Komarowsky: zonas azules, amarillas y rojas.
- Vainillina-ácido sulfúrico y anisaldehído-ácido sulfúrico: zonas azules, violetas y amarillentas.

#### **3.4.6.6. Cálculo del factor de retención**

El factor de retención se define como la medida de la migración de una sustancia determinada en un solvente dado. En este caso, se trata de las muestras del extracto etanólico del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a 3 diferentes concentraciones de alcohol etílico, y el solvente está definido por las distintas fases móviles empleadas durante la cromatografía en capa fina. Dicho factor se calculó como sigue:

- Antes de iniciar la cromatografía en capa fina, se trazó una línea horizontal a 1 centímetro de la parte superior e inferior de la placa cromatográfica.

- Se llevó a cabo el sembrado de las muestras y la cromatografía en capa fina, verificando que la fase móvil se desplazara hasta la línea superior trazada.
- Se permitió que el solvente se evaporara completamente de la placa cromatográfica.
- Se aplicó el tratamiento químico, en caso de ser necesario, y se permitió que se seicara.
- Se encerró cuidadosamente con un lápiz aquellos sitios en donde se encontró la coloración según el tipo de metabolito secundario identificado.
- Se trazó una pequeña línea en medio del círculo trazado.
- Con ayuda de una regla, se midió la distancia entre las dos líneas horizontales trazadas al inicio, y se anotó el resultado.
- Se midió la distancia entre la línea inferior trazada y la línea trazada dentro del círculo que identifica la presencia del metabolito secundario, y se anotó el resultado.
- Se realizó el paso anterior según la cantidad de círculos trazados en la placa cromatográfica.
- Se encontró la razón entre la distancia recorrida por la sustancia y la distancia recorrida por el solvente.

#### **3.4.7. Análisis de perfil de ácidos grasos mediante cromatografía gaseosa**

- Se realizó un tratamiento especial a la muestra para la obtención de un extracto concentrado con los analitos de interés, que generalmente consiste en una esterificación para convertir a los triglicéridos en ácidos grasos y luego a ésteres simples de metanol en vez de glicerol.

- Se inyectó la muestra en la columna en forma líquida utilizando una micro jeringa.
- Se permitió que la muestra pasara a través de una cámara de vaporización instantánea situada en el cabezal de la columna.
- Se accionó el flujo continuo de un gas de arrastre, para que la muestra fuese conducida en forma de vapor a través de la columna, y fuese desplazada desde el inyector hasta el detector.
- Se verificó que la temperatura en la columna se mantuviera constante en un horno para asegurar el movimiento continuo y uniforme de los analitos.
- Cada soluto dentro de la mezcla se desplazó a su propia velocidad, según sus propiedades físicas y químicas tales como el peso molecular, punto de ebullición y polaridad.
- Se permitió el tiempo requerido para la aparición de los picos, los cuales identificaron a cada componente de la mezcla, y el área indicó la fracción presente.
- Se obtuvo la base de datos, así como los cromatogramas a través del detector conectado a la salida de la columna.

#### **3.4.8. Procedimiento para la elaboración de la crema dermatológica**

A continuación, se detalla la formulación cuantitativa para la elaboración de la crema dermatológica, empleando los extractos etanólicos de la hoja y de la semilla del fruto de *Ximenia americana* L.

Tabla VIII. **Formulación cuantitativa de la crema dermatológica**

<b>Reactivo</b>	<b>Porcentaje (%)</b>
Alcohol cetílico	3,50
Silicona	2,00
Miristato de IP	2,00
Aceite mineral	1,00
DMDM hidantoína	0,30
BCare ET 58	2,00
Extracto	0,25
Propilenglicol	5,00
Óxido de zinc	0,50
Agua desmineralizada	83,45

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se detalla el procedimiento para la elaboración de la crema dermatológica, empleando los extractos etanólicos de la hoja y de la semilla del fruto de *Ximenia americana* L.

#### **3.4.8.1. Esterilización**

- Se llenó un beacker de 1000 mililitros con agua y se introdujo boca abajo el recipiente y su tapadera.
- Se colocó el beacker en la plancha de calentamiento y se ajustó a una temperatura de 150 °C.
- Al llegar a ebullición, se dejó durante 15 minutos y luego se apagó.
- Se permitió que el agua se enfriara.
- Se retiró el recipiente y su tapadera, y se secó con papel mayordomo.
- Se limpió con etanol el recipiente y su tapadera, y se permitió que se secara.

- Para las varillas, beackers y demás instrumentos, se humedeció un trozo de papel mayordomo con etanol y se limpió muy bien, y se permitió que se secara.

#### **3.4.8.2. Preparación de la fase acuosa**

- Se pesó el propilenglicol y se colocó en un beacker de 600 ml.
- Se pesó el óxido de zinc utilizando un vidrio de reloj y se incorporó al propilenglicol.
- Se agitó cuidadosamente con la cucharilla metálica.
- Se colocó el beacker en una plancha, y se introdujo un agitador magnético y se permitió su agitación durante 15 minutos.
- Se pesó el agua desmineralizada utilizando una probeta y se vertió en el beacker con propilenglicol y óxido de zinc.
- Se colocó el beacker en una plancha de calentamiento, y se monitoreó la temperatura hasta 70 °C.

#### **3.4.8.3. Preparación de la fase oleosa**

- Se pesó el alcohol cetílico y se colocó en un beacker de 600 ml.
- Se pesó la silicona cosmética y el miristato de isopropilo, y se incorporó al beacker.
- Se pesó el aceite mineral y se vertió sobre la mezcla anterior.
- Se colocó el beacker en baño maría a una temperatura de 70 °C y se esperó la fusión del alcohol cetílico.
- Se agitó con una varilla de vidrio para la homogenización de la mezcla.

#### **3.4.8.4. Emulsión**

- Cuando ambas fases estuvieron a la misma temperatura, se vertió la acuosa sobre la oleosa, agitando con la varilla.
- Se colocó el beacker en la plancha de calentamiento y se permitió la agitación durante 10 minutos.
- Transcurridos los 10 minutos, se agregó el emulsificante.
- Se agitó con la varilla de vidrio durante 20 minutos o hasta que la mezcla fuese homogénea.
- Cuando la temperatura fue menor a 50 °C, se agregó la DMDM hidantoína.
- Se agregó el extracto de la hoja o de la semilla del fruto de *Ximenia americana* L, procurando una temperatura de 37,5 °C o inferior.

#### **3.4.8.5. Envasado**

- Se limpió con etanol una espátula metálica.
- Cuidadosamente, se trasvasó la crema del beacker al recipiente.
- Se procuró llenar el recipiente en su totalidad, y se colocó la tapadera.

#### **3.4.9. Procedimiento para el control de calidad de la crema dermatológica, establecido por el *Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) 71.03.45:07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad”***

A continuación, se describe el procedimiento llevado a cabo para la verificación de calidad de la crema dermatológica elaborada, establecido por el reglamento técnico centroamericano, tomando en cuenta los siguientes parámetros:

#### **3.4.9.1. Color**

- Se tomó una muestra de la crema dermatológica.
- Se realizó la prueba de forma visual, verificando que el color fuese homogéneo.

#### **3.4.9.2. Olor**

- Se tomó una muestra de la crema dermatológica.
- Se percibió el aroma presente en la muestra.

#### **3.4.9.3. Apariencia**

- Se colocó una muestra de la crema dermatológica en baño maría.
- Se visualizó las partes no solubles.
- Partiendo de lo anterior, se determinó si la apariencia de la crema dermatológica era homogénea o heterogénea.

#### **3.4.9.4. Viscosidad**

- Se colocó el viscosímetro de Brookfield en un soporte universal.
- Se verificó que el viscosímetro estuviese calibrado.
- Se seleccionó el número de aguja, en función de la viscosidad de la crema dermatológica.
- Se colocó la aguja en el eje inferior del disco rotatorio.
- Se colocó una muestra de 200 mL de la crema dermatológica en un beacker, y se tomó su temperatura.
- Se permitió que el viscosímetro descendiera, girando las perillas ubicadas en la parte de atrás.

- Se verificó que el nivel del fluido se encontrara en la ranura de la aguja.
- Se seleccionó las revoluciones por minuto según la temperatura a la cual estuviese la crema dermatológica.
- Se encendió el viscosímetro, accionando el interruptor ubicado en uno de los extremos.
- Se esperó 5 minutos, para que la aguja se estabilizara en el fluido.
- Se liberó el *clutch* incorporado en la parte trasera del viscosímetro, permitiendo de esta manera que el cuadrante se estabilizara en la posición de la escala numérica.
- Se buscó en la tabla el valor del factor numérico, en función del número de aguja y las revoluciones por minuto, y se multiplicó por el valor obtenido en la escala del viscosímetro.

#### 3.4.9.5. pH

- Se encendió el potenciómetro.
- Se vertió en los tubos etiquetados, las 3 soluciones tampón (pH 4,01, 7,00 y 10,01).
- Se lavó la zona con agua desmineralizada, y se introdujo en el tubo de calibración correspondiente.
- Se verificó que no hubiese burbujas de aire.
- Se realizó los dos pasos anteriores con los dos tubos de calibración correspondientes.
- Se introdujo la sonda en la crema dermatológica, y se realizó la medición del potencial de hidrógeno.
- Se permitió que el valor se estabilizara.
- Se anotó el valor del potencial de hidrógeno y la temperatura.
- Se retiró la sonda y se limpió cuidadosamente, previo a realizar otra medición.

- Se apagó el potenciómetro y se almacenó el electrodo en la solución de cloruro de potasio.

### **3.5. Recolección y ordenamiento de la información**

Al definir las variables tanto dependientes como independientes presentes en el estudio de investigación, se ejecutó la parte experimental de este, así como la recolección y ordenamiento de los datos obtenidos.

Para la obtención de los extractos de *Ximenia americana* L. se utilizaron dos partes diferentes de la planta y 3 concentraciones diferentes de alcohol etílico-agua para determinar sus propiedades fisicoquímicas y un análisis cualitativo y cuantitativo de los componentes presentes en los extractos. Para cada concentración de alcohol etílico-agua se realizaron 3 repeticiones para un total de 9 corridas por cada parte de la planta, dando un total general de 18 corridas. Posteriormente, se utilizó cada extracto obtenido para la formulación de una crema dermatológica. Se realizó una repetición por cada extracto, cada uno con 3 repeticiones, dando un total de 18 corridas. Finalmente, se realizó la comparación con una crema dermatológica proporcionada por la asociación de mujeres.

A continuación, se detalla el ordenamiento de los datos obtenidos:

Tabla IX. **Obtención del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Concentración del solvente</b>	<b>Tara del balón (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Masa de extracto (g)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Etanol 45 %	50,6281	63,2933	12,6652	42,2149
	50,6264	61,6124	10,9860	36,6182
	50,6275	62,6920	12,0645	40,2098
Etanol 70 %	50,6272	56,7012	6,0740	20,2463
	50,6286	57,0265	6,3979	21,3253
	50,6284	56,0562	7,7346	25,7801
Etanol 95 %	50,6294	57,4491	6,8197	22,7323
	50,6275	57,0438	6,4163	21,3866
	50,6301	57,7582	7,1281	23,7603

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla X. **Obtención del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Concentración del solvente</b>	<b>Tara del balón (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>	<b>Masa de extracto (g)</b>	<b>Rendimiento (%)</b>
Etanol 45 %	50,6269	55,1298	4,5029	15,0017
	50,6276	54,8753	4,2477	14,1547
	50,6262	55,4225	4,7963	15,9877
Etanol 70 %	50,6262	52,9477	2,3215	7,7366
	50,6292	53,6101	2,9809	9,9360
	50,6282	53,7077	3,0795	10,2626
Etanol 95 %	50,6258	53,2395	2,6137	8,7095
	50,6287	52,7537	2,1250	7,0820
	50,6267	52,5274	1,9007	6,3350

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XI. **Densidad del extracto etanólico obtenido de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

Concentración del solvente	Tara del picnómetro (g)	Volumen del picnómetro (mL)	Peso final (g)	Densidad (g/mL)
Etanol 45 %	3,7397	1,030	5,1207	1,3408
			5,0736	1,2950
			5,0681	1,2897
Etanol 70 %			5,1981	1,4159
			5,2722	1,4879
			5,1186	1,3387
Etanol 95 %			4,8455	1,0736
			4,8786	1,1057
			4,8924	1,1191

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XII. **Densidad del extracto etanólico obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

Concentración del solvente	Tara del picnómetro (g)	Volumen del picnómetro (mL)	Peso final (g)	Densidad (g/mL)
Etanol 45 %	3,7397	1,030	5,1564	1.3754
			5,2159	1.4332
			5,1333	1.3530
Etanol 70 %			5,1614	1.3803
			5,1500	1.3692
			5,1673	1.3860
Etanol 95 %			4,7379	0.9691
			4,7330	0.9644
			4,7679	0.9983

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XIII. **Índice de refracción del extracto etanólico obtenido de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

Concentración del solvente	Índice de refracción	Temperatura (°C)	Índice de refracción a 20 °C
Etanol 45 %	1.49782	23.7	1.49945
	1.50284	23.8	1.50451
	1.50284	23.4	1.50434
Etanol 70 %	1.50485	23.6	1.50643
	1.51790	23.9	1.51962
	1.48678	23.1	1.48814
Etanol 95 %	1.44662	22.6	1.44776
	1.44762	24.1	1.44942
	1.45164	24.0	1.45340

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT.

Tabla XIV. **Índice de refracción del extracto etanólico obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

Concentración del solvente	Índice de refracción	Temperatura (°C)	Índice de refracción a 20 °C
Etanol 45 %	1,4878	23,2	1,4892
	1,5008	23,7	1,5025
	1,4767	23,7	1,4784
Etanol 70 %	1,4988	23,6	1,5004
	1,4727	23,8	1,4744
	1,4818	23,9	1,4835
Etanol 95 %	1,4707	23,9	1,4724
	1,4798	22,9	1,4810
	1,4818	22,3	1,4828

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT.

Tabla XV. **Potencial de hidrógeno del extracto etanólico obtenido de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Concentración del solvente</b>	<b>pH (adimensional)</b>
Etanol 45 %	4,00
	4,00
	4,00
Etanol 70 %	5,00
	5,00
	4,00
Etanol 95 %	5,00
	4,00
	5,00

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XVI. **Potencial de hidrógeno del extracto etanólico obtenido de la semilla de fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Concentración del solvente</b>	<b>pH (adimensional)</b>
Etanol 45 %	5,00
	5,00
	5,00
Etanol 70 %	5,00
	5,00
	5,00
Etanol 95 %	5,00
	6,00
	5,00

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XVII. **Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 45 %**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Nombre común	Clasificación	No. CAS
1	34,555	4,2877	Ácido hexadecanoico	Ácido palmítico	Ácido graso saturado	57-10-3
2	4,854	1,9676	Ácido n-hexanoico	Ácido caproico	Ácido graso saturado	142-62-1
3	46,287	1,8361	Ácido (Z)-Eicos-11-enoico	Ácido cis-11-eicosenoico	Ácido graso insaturado	5561-99-9
4	3,807	1,8035	Ácido butanoico	Ácido butírico	Ácido graso saturado	107-92-6
5	44,317	1,3307	Ácido (9Z,12Z)-9,12-Octadecadienoico	Ácido g-linoleico	Ácido graso poliinsaturado	60-33-3
6	30,094	0,4943	Ácido (Z)-Tetradec-9-enoico	Ácido Miristoleico	Ácido graso insaturado	544-64-9

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla XVIII. **Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 70 %**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Nombre común	Clasificación	No. CAS
1	5,114	0,00727	Ácido n-hexanoico	Ácido caproico	Ácido graso saturado	142-62-1
2	6,676	0,00691	Ácido decanoico	Ácido cáprico	Ácido graso saturado	334-48-5
3	34,584	0,00628	Ácido hexadecanoico	Ácido palmítico	Ácido graso saturado	57-10-3
4	3,849	0,00598	Ácido butanoico	Ácido butírico	Ácido graso saturado	107-92-6
5	35,230	0,00316	Ácido delta-9-cis-hexadecénico	Ácido palmitoleico	Ácido graso insaturado	373-49-9
6	30,167	0,00142	Ácido (Z)-Tetradec-9-enoico	Ácido Miristoleico	Ácido graso insaturado	544-64-9

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla XIX. **Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 95 %**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Nombre común	Clasificación	No. CAS
1	34,634	0,14505	Ácido (Z)-pentadec-10-enoico	Ácido cis-10-pentadecenoico	Ácido graso insaturado	84743-29-3
2	37,413	0,00989	Ácido heptadecanoico	Ácido margárico	Ácido graso saturado	506-12-7
3	30,163	0,00767	Ácido (Z)-Tetradec-9-enoico	Ácido Miristoleico	Ácido graso insaturado	544-64-9
4	50,447	0,00532	Ácido docosanoico	Ácido behénico	Ácido graso saturado	112-85-6
5	39,219	0,00389	Ácido octadecanoico	Ácido esteárico	Ácido graso saturado	57-11-41
6	43,781	0,00231	Ácido araquídico	Ácido eicosanoico	Ácido graso saturado	506-30-9
7	34,428	0,00178	Ácido hexadecanoico	Ácido palmítico	Ácido graso saturado	57-10-3
8	44,316	0,00138	Ácido (9Z,12Z)-9,12-Octadecadienóico	Ácido g-linoleico	Ácido graso poliinsaturado	60-33-3
9	36,175	0,00070	Ácido delta-9-cis-hexadecénico	Ácido palmitoleico	Ácido graso insaturado	373-49-9
10	5,043	0,00055	Ácido n-hexanoico	Ácido caproico	Ácido graso saturado	142-62-1
11	39,805	0,00050	Ácido (10Z)-10-heptadecenoico	Ácido cis-10-heptadecenoico	Ácido graso insaturado	29743-97-3
12	3,777	0,00048	Ácido butanoico	Ácido butírico	Ácido graso saturado	107-92-6

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla XX. **Caracterización organoléptica de la crema dermatológica**

<b>Código</b>	<b>Apariencia</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
CD.E45.H	Homogénea	Salmón	Ligero aroma a petricor
CD.E70.H	Homogénea	Cobre	No posee un aroma perceptible
CD.E95.H	Homogénea	Crema	Ligero aroma a petricor
CD.E45.F	Homogénea	<i>Mint cream</i>	Ligero aroma a vainilla
CD.E70.F	Homogénea	<i>Honey dew</i>	Ligero aroma a vainilla
CD.E95.F	Homogénea	Blanco nieve	Ligero olor a fruta fermentada

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XXI. **Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica, empleando como principio activo el extracto etanólico del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Código</b>	<b>Corrida</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>pH (adimensional)</b>
CD.E45.H	1	24,00	7,79
	2	24,50	7,27
	3	24,00	6,91
CD.E70.H	1	23,00	7,71
	2	23,10	7,75
	3	24,60	7,78
CD.E95.H	1	24,50	7,29
	2	24,20	7,29
	3	23,90	7,44
CD.E45.F	1	23,90	7,40
	2	23,60	7,34
	3	23,70	7,18
CD.E70.F	1	23,70	7,08
	2	23,90	7,35
	3	25,50	7,29
CD.E95.F	1	23,40	7,62
	2	23,60	7,07
	3	25,40	7,03

Fuente: datos experimentales, LAFIQ.

Tabla XXII. **Viscosidad de la crema dermatológica, empleando como principio activo el extracto etanólico del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

Código	Corrida	Temperatura (°C)	Número de aguja	RPM	Viscosidad (cP)
CD.E45.H	1	22,50	4	30	15 100
	2	23,00			15 900
	3	22,50			17 300
CD.E70.H	1	23,00			17 300
	2	22,00			17 100
	3	22,50			17 000
CD.E95.H	1	22,50			16 000
	2	23,00			16 600
	3	22,50			16 000
CD.E45.F	1	22,50			13 600
	2	23,00			14 100
	3	22,50			13 500
CD.E70.F	1	23,00			17 200
	2	23,00			17 100
	3	22,00			16 700
CD.E95.F	1	23,00	14 900		
	2	22,50	16 900		
	3	22,50	16 500		

Fuente: datos experimentales, Departamento de Farmacia Industrial.

Tabla XXIII. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Dimensional</b>	<b>RTCA 71.03.45:07</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	UFC/g	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	UFC/g	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	-	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XXIV. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Dimensional</b>	<b>RTCA 71.03.45:07</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	UFC/g	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	UFC/g	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	-	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XXV. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Dimensional</b>	<b>RTCA 71.03.45:07</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	UFC/g	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	UFC/g	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	-	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XXVI. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Dimensional</b>	<b>RTCA 71.03.45:07</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	6,0 ×10 <sup>9</sup>	UFC/g	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	UFC/g	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	-	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XXVII. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Dimensional</b>	<b>RTCA 71.03.45:07</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	UFC/g	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	UFC/g	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	-	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XXVIII. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Dimensional</b>	<b>RTCA 71.03.45:07</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	UFC/g	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	UFC/g	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	-	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XXIX. **Caracterización organoléptica de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres *K'o Samuj Junan*.**

<b>Apariencia</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
Homogénea	Marfil	Fragancia cosmética

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla XXX. **Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres *K'o Samuj Junan*.**

<b>Corrida</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>pH (adimensional)</b>
1	24,90	7,59
2	23,00	7,35
3	25,30	7,56

Fuente: datos experimentales, LAFIQ.

Tabla XXXI. **Viscosidad de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres *K'o Samuj Junan***

<b>Corrida</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Número de aguja</b>	<b>RPM</b>	<b>Viscosidad (cP)</b>
1	22,00	4	30	8400
2	23,00			9400
3	23,00			8400

Fuente: datos experimentales, Departamento de Farmacia Industrial.

Tabla XXXII. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres K'o Samuj Junan**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado</b>	<b>Dimensional</b>	<b>RTCA 71.03.45:07</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	UFC/g	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	UFC/g	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	-	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	-	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

### **3.6. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información**

Con base en la recolección y el ordenamiento de los resultados en la fase experimental, se tabularon y procesaron los valores obtenidos para analizarlos e interpretarlos, tanto para la caracterización del extracto etanólico obtenido de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) como para su aplicación en la formulación de una crema dermatológica, a escala laboratorio. El ordenamiento de los valores obtenidos se realizó de la siguiente forma:

Tabla XXXIII. Rendimiento extractivo del extracto etanólico, obtenido de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), a escala laboratorio

Porcentaje de alcohol etílico (%)	Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar
45	42,2149	39,6810	2,8356
	36,6182		
	40,2098		
70	20,2463	22,4505	2,9335
	21,3253		
	25,7801		
95	22,7323	22,6264	1,1904
	21,3866		
	23,7603		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE/CII USAC.

Tabla XXXIV. Rendimiento extractivo del extracto etanólico, obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), a escala laboratorio

Porcentaje de alcohol etílico (%)	Rendimiento (%)	Media (%)	Desviación estándar
45	15,0017	15,0480	0,9174
	14,1547		
	15,9877		
70	7,7366	9,3117	1,3738
	9,9360		
	10,2626		
95	8,7095	7,3755	1,2142
	7,0820		
	6,3350		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE/CII USAC.

Tabla XXXV. **Índice de refracción del extracto etanólico, obtenido de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), a escala laboratorio**

Porcentaje de alcohol etílico (%)	Índice de refracción (adimensional)	Media (adimensional)	Desviación estándar
45	1,4994	1,5028	0,002874
	1,5045		
	1,5043		
70	1,5064	1,5047	0,01581
	1,5196		
	1,4881		
95	1,4478	1,4502	0,002896
	1,4494		
	1,4534		

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT.

Tabla XXXVI. **Índice de refracción del extracto etanólico, obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), a escala laboratorio**

Porcentaje de alcohol etílico (%)	Índice de refracción (adimensional)	Media (adimensional)	Desviación estándar
45	1,4892	1,4900	0,01207
	1,5025		
	1,4784		
70	1,5004	1,4861	0,01320
	1,4744		
	1,4835		
95	1,4724	1,4787	0,005533
	1,4810		
	1,4828		

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT.

Tabla XXXVII. **Densidad del extracto etanólico, obtenido de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), a escala laboratorio**

Porcentaje de alcohol etílico (%)	Densidad (g/mL)	Media (g/mL)	Desviación estándar
45	1,3408	1,3085	0,02807
	1,2950		
	1,2897		
70	1,4159	1,4142	0,07458
	1,4879		
	1,3387		
95	1,0736	1,0995	0,02340
	1,1057		
	1,1191		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE/CII USAC.

Tabla XXXVIII. **Densidad del extracto etanólico, obtenido de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), a escala laboratorio**

Porcentaje de alcohol etílico (%)	Densidad (g/mL)	Media (g/mL)	Desviación estándar
45	1,3754	1,3872	0,04137
	1,4332		
	1,3530		
70	1,3803	1,3785	0,008538
	1,3692		
	1,3860		
95	0,9691	0,9772	0,01834
	0,9644		
	0,9983		

Fuente: datos experimentales, LIEXVE/CII USAC.

Tabla XXXIX. **Nomenclatura empleada durante el tamizaje fitoquímico para la identificación de alcaloides, realizado al extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Solvente</b>
1	1	Etanol 45 %
2	1	Etanol 95 %
3	3	Etanol 70 %
4	2	Etanol 95 %
5	1	Etanol 70 %
6	3	Etanol 45 %
7	3	Etanol 95 %
8	2	Etanol 45 %
9	2	Etanol 70 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XL. **Nomenclatura empleada durante el tamizaje fitoquímico para la identificación de flavonoides, realizado al extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Solvente</b>
1	2	Etanol 45 %
2	2	Etanol 70 %
3	1	Etanol 95 %
4	3	Etanol 95 %
5	1	Etanol 45 %
6	1	Etanol 70 %
7	3	Etanol 70 %
8	2	Etanol 95 %
9	3	Etanol 45 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Nomenclatura empleada durante el tamizaje fitoquímico para la identificación de saponinas y antraquinonas, realizado al extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Solvente</b>
1	3	Etanol 70 %
2	3	Etanol 45 %
3	1	Etanol 70 %
4	1	Etanol 45 %
5	2	Etanol 70 %
6	2	Etanol 45 %
7	1	Etanol 95 %
8	2	Etanol 95 %
9	3	Etanol 95 %

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLII. **Nomenclatura empleada durante el tamizaje fitoquímico para la identificación de taninos, realizado al extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

<b>Muestra</b>	<b>Repetición</b>	<b>Solvente</b>
1	1	Etanol 95 %
2	3	Etanol 45 %
3	3	Etanol 70 %
4	2	Etanol 70 %
5	3	Etanol 45 %
6	1	Etanol 70 %
7	2	Etanol 95 %
8	3	Etanol 95 %
9	2	Etanol 45 %

Fuente: elaboración propia.

Para tabular la información recabada de la crema dermatológica, se realizó una codificación de 7 caracteres para la identificación de las 6 muestras, el cual se explica a continuación:

- CD al inicio, que hace referencia a crema dermatológica.
- EXX, que indica el solvente utilizado, en este caso, etanol; seguido de la concentración utilizada de este, que puede ser 45, 70 y 95 %
- H o F, que denota el extracto empleado para la elaboración de la crema dermatológica, siendo hoja o semilla del fruto.

Tabla XLIII. **Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica, empleando como principio activo el extracto etanólico del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

Código	Corrida	pH (adimensional)	Media (adimensional)	Desviación estándar
CD.E45.H	1	7,79	7,3233	0,4424
	2	7,27		
	3	6,91		
CD.E70.H	1	7,71	7,7467	0,03512
	2	7,75		
	3	7,78		
CD.E95.H	1	7,29	7,3400	0,08660
	2	7,29		
	3	7,44		
CD.E45.F	1	7,40	7,3067	0,1137
	2	7,34		
	3	7,18		
CD.E70.F	1	7,08	7,2400	0,1418
	2	7,35		
	3	7,29		
CD.E95.F	1	7,62	7,2400	0,3297
	2	7,07		
	3	7,03		

Fuente: datos experimentales, LAFIQ.

Tabla XLIV. **Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica, empleando como principio activo el extracto etanólico del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Código</b>	<b>Corrida</b>	<b>Viscosidad (cP)</b>	<b>Media (cP)</b>	<b>Desviación estándar</b>
CD.E45.H	1	15 100	16 100,0000	1 113,5529
	2	15 900		
	3	17 300		
CD.E70.H	1	17 300	17 133,3333	152,7525
	2	17 100		
	3	17 000		
CD.E95.H	1	16 000	16 200,0000	346,4102
	2	16 600		
	3	16 000		
CD.E45.F	1	13 600	13 733,3333	321,4550
	2	14 100		
	3	13 500		
CD.E70.F	1	17 200	170 00,0000	264,5751
	2	17 100		
	3	16 700		
CD.E95.F	1	14 900	16 100,0000	1 058,3005
	2	16 900		
	3	16 500		

Fuente: datos experimentales, Departamento de Farmacia Industrial.

Tabla XLV. **Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres *K'ó Samuj Junan*.**

Corrida	pH (adimensional)	Media (adimensional)	Desviación estándar
1	7,59	7,5000	0,308
2	7,35		
3	7,56		

Fuente: datos experimentales, LAFIQ.

Tabla XLVI. **Viscosidad de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres *K'ó Samuj Junan***

Corrida	Viscosidad (cP)	Media (cP)	Desviación estándar
1	8400	8 733,3333	577,3503
2	9400		
3	8400		

Fuente: datos experimentales, Departamento de Farmacia Industrial.

### 3.7. Análisis estadístico

En este estudio se utilizó la estadística inferencial, la cual permite obtener conclusiones generales respecto a una población, partiendo del estudio de una muestra, y el grado de confiabilidad de los resultados. Mediante un análisis de varianza para un factor (ANOVA), fue posible determinar si existe una diferencia significativa entre las medias muestrales, contrastando la hipótesis nula o no.

El objetivo del análisis de varianza es validar la hipótesis nula, la cual indica que todas las muestras poseen la misma media, partiendo del análisis de

la variabilidad de los factores, segregándola así en dos partes: una atribuida a la variabilidad entre los diferentes tratamientos o poblaciones (llamada variabilidad entre grupos o variabilidad explicada por el diseño) y otra considerada como la variabilidad intrínseca de las observaciones (llamada variabilidad dentro de los grupos o residual). A continuación, se explica brevemente cada una de ellas:

- La variabilidad entre grupos mide la diferencia que existe entre los grupos y la media global. Si no existe diferencia, las variabilidades serán mínimas y se debe aceptar la hipótesis nula. Si lo anterior es falso, la variabilidad entre grupos es grande y la hipótesis nula no es válida.
- La variabilidad dentro de los grupos mide la variabilidad intrínseca presente en las observaciones. Dicho de otra manera, si el diseño del experimento es correcto y no se toman en consideración factores de variación diferentes a los estudiados, el error deberá ser de naturaleza aleatoria, ocasionado por la variabilidad biológica del material experimental.

Antes de realizar la comparación entre ambas variabilidades, es necesario encontrar la razón entre las sumas de los cuadrados y sus respectivos grados de libertad, los cuales están vinculados al número de observaciones. A lo anterior, se le denomina cálculo de cuadrados medios o estimadores de la variabilidad (varianza).

Finalmente, se debe calcular el estadístico F, el cual es el cociente entre el estimador entre grupos y el estimador dentro de grupos. Dicho cociente sigue una distribución F de Snedecor y es útil para determinar el valor mediante el cual el cociente es lo suficientemente grande como para declarar las diferencias

entre grupos estadísticamente significativas. La información anterior se resume en la siguiente tabla, conocida como tabla ANOVA.

Tabla XLVII. **Tabla ANOVA.**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Estimador (varianza)	$F_{exp}$
Entre grupos	$Q_E = \sum_{i=1}^r n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	r-1	$S_E^2 = \frac{Q_E}{r-1}$	$F_{exp} = \frac{S_E^2}{S_R^2}$
Residual	$Q_R = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i)^2$	n-r	$S_R^2 = \frac{Q_R}{n-r}$	
Total	$Q = Q_E + Q_R$	n-1		

Fuente: VICENTE VILLARDÓN, José Luis. *Introducción al análisis de la varianza*.

<http://biplot.usal.es/problemas/anova/ANOVA.html>. Consulta: 17 de junio de 2018.

Donde:

- $Q_E$  = Suma de cuadrados entre grupos
- $Q_R$  = Suma de cuadrados residual (dentro de grupos)
- $Q$  = Suma de cuadrados total
- $S_E$  = varianza entre grupos
- $S_R$  = varianza residual (dentro de grupos)
- $F_{exp}$  = distribución de Fischer
- $n$  = cantidad total de datos
- $r$  = cantidad total de grupos

- $i$  = i-ésimo dato
- $j$  = j-ésimo dato
- $\bar{x}$  = media global
- $x$  = dato específico de un grupo

Para contrastar las hipótesis se compara el valor de  $F$  experimental y el valor de  $F$  crítico, con un grado de confiabilidad del 95 %. De esta manera, si el valor de  $F$  experimental es mayor al del  $F$  crítico ( $F_{\text{exp}} > F_C$ ), se rechaza la hipótesis nula, indicando que sí existen diferencias significativas entre los grupos.

Se muestra, a continuación, el análisis de varianza de un factor elaborado para los resultados obtenidos en el presente estudio.

Tabla XLVIII. **Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
42,2149	2	76,8279	38,4140	6,4498
20,2463	2	47,1054	23,5527	9,9228
22,7323	2	45,1469	22,5735	2,8173

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XLIX. **Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	315,1588	2	157,5794	24,6347	0,0138	9,5521
Dentro de los grupos	19,1899	3	6,3966			
Total	334,3487	5				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla L. **Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
15,0017	2	30,1423	15,0712	1,6800
7,7366	2	20,1986	10,0993	0,0533
8,7095	2	13,4170	6,7085	0,2790

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LI. **Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	70,7672	2	35,3836	52,7499	0,0046	9,5521
Dentro de los grupos	2,0123	3	0,6708			
Total	72,7796	5				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LII. **Experimento de un factor, para la densidad del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,3408	2	2,5848	1,2924	0,0000
1,4159	2	2,8266	1,4133	0,0111
1,0736	2	2,2249	1,1124	0,0001

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LIII. **Análisis de varianza de un factor, para la densidad del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenea americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0917	2	0,0458	12,2539	0,0360	9,5521
Dentro de los grupos	0,0112	3	0,0037			
Total	0,1029	5				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LIV. **Experimento de un factor, para la densidad del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenea americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,3754	2	2,7862	1,3931	0,0032
1,3803	2	2,7552	1,3776	0,0001
0,9691	2	1,9626	0,9813	0,0006

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LV. **Análisis de varianza de un factor, para la densidad del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,2179	2	0,1090	83,1612	0,0024	9,5521
Dentro de los grupos	0,0039	3	0,0013			
Total	0,2218	5				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LVI. **Experimento de un factor, para el índice de refracción del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,4994	2	3,0088	1,5044	0,0000
1,5064	2	3,0078	1,5039	0,0005
1,4478	2	2,9028	1,4514	0,0000

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LVII. **Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0037	2	0,0019	11,0 570	0,0413	9,5521
Dentro de los grupos	0,0005	3	0,0002			
Total	0,0042	5				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LVIII. **Experimento de un factor, para el índice de refracción del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,4892	2	2,9808	1,4904	0,0003
1,5004	2	2,9579	1,4789	0,0000
1,4724	2	2,9638	1,4819	0,0000

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LIX. **Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0001	2	0,0001	0,6396	0,5870	9,5521
Dentro de los grupos	0,0003	3	0,0001			
Total	0,0005	5				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LX. **Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
42,2149	2	76,8279	38,4140	6,4498
15,0017	2	30,1423	15,0712	1,6800

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXI. **Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	544,8867	1	544,8867	134,0473	0,0074	18,5128
Dentro de los grupos	8,1298	2	4,0649			
Total	553,0164	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXII. **Experimento de un factor, para la densidad de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,3408	2	2,5848	1,2924	0,0000
1,3754	2	2,7862	1,3931	0,0032

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXIII. **Análisis de varianza de un factor, para para la densidad de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0101	1	0,0101	6,2828	0,1291	18,5128
Dentro de los grupos	0,0032	2	0,0016			
Total	0,0134	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXIV. **Experimento de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,4994	2	3,0088	1,5044	0,0000
1,4892	2	2,9808	1,4904	0,0003

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXV. **Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 45 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0002	1	0,0002	1,3530	0,3648	18,5128
Dentro de los grupos	0,0003	2	0,0001			
Total	0,0005	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXVI. **Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
20,2463	2	47,1054	23,5527	9,9228
7,7366	2	20,1986	10,0993	0,0533

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXVII. **Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	180,9940	1	180,9940	36,2853	0,0265	18,5128
Dentro de los grupos	9,9762	2	4,9881			
Total	190,9702	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXVIII. **Experimento de un factor, para la densidad de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,4159	2	2,8266	1,4133	0,0111
1,3803	2	2,7552	1,3776	0,0001

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXIX. **Análisis de varianza de un factor, para para la densidad de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0013	1	0,0013	0,2261	0,6813	18,5128
Dentro de los grupos	0,0113	2	0,0056			
Total	0,0125	3				

Fuente: datos experimentales, LIXVE CII/USAC.

Tabla LXX. **Experimento de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,5064	2	3,0078	1,5039	0,0005
1,5004	2	2,9579	1,4789	0,0000

Fuente: datos experimentales, LIXVE CII/USAC.

Tabla LXXI. **Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 70 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0006	1	0,0006	2,3193	0,2672	18,5128
Dentro de los grupos	0,0005	2	0,0003			
Total	0,0012	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXII. **Experimento de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
22,7323	2	45,1469	22,5735	2,8173
8,7095	2	13,4170	6,7085	0,2790

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXIII. **Análisis de varianza de un factor, para el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	251,6967	1	251,6967	162,5765	0,0061	18,5128
Dentro de los grupos	3,0963	2	1,5482			
Total	254,7931	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXIV. **Experimento de un factor, para la densidad de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,0736	2	2,2249	1,1124	0,0001
0,9691	2	1,9626	0,9813	0,0006

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXV. **Análisis de varianza de un factor, para para la densidad de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0172	1	0,0172	51,7974	0,0188	18,5128
Dentro de los grupos	0,0007	2	0,0003			
Total	0,0179	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXVI. Experimento de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
1,4478	2	2,9028	1,4514	0,0000
1,4724	2	2,9638	1,4819	0,0000

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXVII. Análisis de varianza de un factor, para el índice de refracción de los extractos etanólicos al 95 % de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0009	1	0,0009	197,1581	0,0050	18,5128
Dentro de los grupos	0,0000	2	0,0000			
Total	0,0009	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXVIII. **Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
7,5900	2	14,9100	7,4550	0,0221
7,7900	2	14,1800	7,0900	0,0648

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXIX. **Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1332	1	0,1332	3,0679	0,2219	18,5128
Dentro de los grupos	0,0868	2	0,0434			
Total	0,2201	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXX. **Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
8400	2	17800	8900	500000
15100	2	33200	16600	980000

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXXI. **Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	59290000	1	59290000	80,1 216	0,0123	18,5128
Dentro de los grupos	1480000	2	740000			
Total	60770000	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXXII. **Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
7,5900	2	14,9100	7,4550	0,0221
7,7100	2	15,5300	7,7650	0,0005

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXXIII. **Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0961	1	0,0961	8,5422	0,0998	18,5128
Dentro de los grupos	0,0225	2	0,0113			
Total	0,1186	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXXIV. **Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
8400	2	17800	8900	500000
17300	2	34100	17050	5000

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXXV. **Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	66422500	1	66422500	263,0594	0,0038	18,5128
Dentro de los grupos	505000	2	252500			
Total	66927500	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXXVI. **Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
7,5900	2	14,9100	7,4550	0,0221
7,2900	2	14,7300	7,3650	0,0113

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXXVII. **Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0081	1	0,0081	0,4865	0,5577	18,5128
Dentro de los grupos	0,0333	2	0,0167			
Total	0,0414	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXXVIII. **Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
8400	2	17800	8900	500000
16000	2	32600	16300	180000

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla LXXXIX. **Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	54760000	1	54760000	161,0588	0,0062	18,5128
Dentro de los grupos	680000	2	340000			
Total	55440000	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XC. **Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
7,5900	2	14,9100	7,4550	0,0221
7,4000	2	14,5200	7,2600	0,0128

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XCI. **Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0380	1	0,0380	2,1822	0,2777	18,5128
Dentro de los grupos	0,0349	2	0,0174			
Total	0,0729	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XCII. **Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
8400	2	17800	8900	500000
13600	2	27600	13800	180000

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XCIII. **Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	24010000	1	24010000	70,6 176	0,0139	18,5128
Dentro de los grupos	680000	2	340000			
Total	24690000	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XCIV. **Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
7,5900	2	14,9100	7,4550	0,0221
7,0800	2	14,6400	7,3200	0,0018

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XCV. **Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,0182	1	0,0182	1,5283	0,3419	18,5128
Dentro de los grupos	0,0239	2	0,0119			
Total	0,0421	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XCVI. **Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
8400,0000	2	17800	8900	500000
17200,0000	2	33800	16900	80000

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XCVII. **Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	64000000	1	64000000	220,6897	0,0045	18,5128
Dentro de los grupos	580000	2	290000			
Total	64580000	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XCVIII. **Experimento de un factor para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
7,5900	2	14,9100	7,4550	0,0221
7,6200	2	14,1000	7,0500	0,0008

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

Tabla XCIX. **Análisis de varianza de un factor, para el potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,1640	1	0,1640	14,3567	0,0631	18,5128
Dentro de los grupos	0,0229	2	0,0114			
Total	0,1869	3				

Fuente: datos experimentales, LIXVE CII/USAC.

Tabla C. **Experimento de un factor para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Grupos	Grupos	Suma	Promedio	Varianza
8400	2	17800	8900	500000
14900	2	33400	16700	80000

Fuente: datos experimentales, LIXVE CII/USAC.

Tabla CI. **Análisis de varianza de un factor, para la viscosidad de la crema dermatológica elaborada con el extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

<b>Origen de las variaciones</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>F</b>	<b>Probabilidad</b>	<b>Valor crítico para F</b>
Entre grupos	60840000	1	60840000	209,7931	0,0047	18,5128
Dentro de los grupos	580000	2	290000			
Total	61420000	3				

Fuente: datos experimentales, LIEXVE CII/USAC.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Obtención de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) empleando el método de maceración dinámica, a escala laboratorio

A continuación, se muestra el rendimiento, la densidad y el índice de refracción de los extractos etanólicos.

Tabla CII. Rendimiento extractivo del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio

Porcentaje de etanol (%)	Rendimiento extractivo (%)	
	Hoja	Fruto
45	39,6810 ± 2,8356	15,0480 ± 0,9174
70	22,4505 ± 2,9335	9,3117 ± 1,3738
95	22,6264 ± 1,1904	7,3755 ± 1,2142

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla CIII. Índice de refracción del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio

Porcentaje de etanol (%)	Índice de refracción (adimensional)	
	Hoja	Fruto
45	1,5028 ± 0,002874	1,4900 ± 0,012065
70	1,5047 ± 0,015805	1,4861 ± 0,013203
95	1,4502 ± 0,002896	1,4787 ± 0,005533

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

Tabla CIV. **Densidad del extracto etanólico de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

Porcentaje de etanol (%)	Densidad (g/mL)	
	Hoja	Fruto
45	1,3085 ± 0,02807	1,3872 ± 0,04137
70	1,4142 ± 0,07458	1,3785 ± 0,008538
95	1,0995 ± 0,02340	0,9772 ± 0,01834

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

#### 4.2. **Análisis cualitativo y cuantitativo de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

A continuación, se muestran los resultados de la investigación de los 5 principios activos realizados a los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) identificados mediante tamizaje fitoquímico, y el perfil de ácidos grasos obtenido para la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).

##### 4.2.1. **Identificación de alcaloides**

Análisis macro para la detección de alcaloides en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).

Tabla CV. **Reacciones coloridas de Mayer's, Dragendorff y Wagner para identificación de alcaloides**

Prueba	Muestra								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Mayer's</b>	-	+	-	+	-	-	+	-	-
<b>Dragendorff</b>	-	+	-	+	-	-	+	-	-
<b>Wagner</b>	-	+	-	+	-	-	+	-	-

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

Cromatografía en capa fina para la detección de alcaloides en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).

Tabla CVI. **Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de alcaloides**

Solvente	Muestra	Alcaloides
Etanol al 95 %	2	-
	4	-
	7	-

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

Tabla CVII. **Factores de retención para alcaloides**

Muestra	d (cm)	Rf
Atropina	2,50	0,3165
Papaverina	4,60	0,5823

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

#### 4.2.2. Identificación de flavonoides

Cromatografía en capa fina para la detección de flavonoides en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).

Tabla CVIII. **Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de flavonoides**

<b>Solvente</b>	<b>Muestra</b>	<b>Flavonoides</b>
Etanol al 45 %	1	+
	5	+
	9	+
Etanol al 70 %	2	+
	6	+
	7	+
Etanol al 95 %	3	+
	4	+
	8	+

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

Tabla CIX. Factores de retención para flavonoides

Muestra	d (cm)	Rf
1	2,70	0,3857
	3,60	0,5143
	5,70	0,8143
2	2,30	0,3286
	3,20	0,4571
	5,70	0,8143
5	2,60	0,3714
	3,40	0,4857
	5,20	0,7429
	5,70	0,8143
6	2,60	0,3714
	3,40	0,4857
	4,40	0,6286
	5,30	0,7571
	5,80	0,8286
7	2,50	0,3571
	3,50	0,5000
	4,45	0,6357
	5,30	0,7571
	5,80	0,8286
9	2,75	0,3929
	3,50	0,5000
	5,30	0,7571
Quercetina	5,40	0,7714
Rutina	2,85	0,4071
Ácido clorogénico	3,70	0,5286

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

#### 4.2.3. Identificación de saponinas

Cromatografía en capa fina para la detección de saponinas en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).

Tabla CX. **Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de saponinas**

<b>Solvente</b>	<b>Muestra</b>	<b>Saponinas</b>
Etanol al 45 %	2	+
	4	+
	6	+
Etanol al 70 %	1	+
	3	+
	5	+
Etanol al 95 %	7	+
	8	+
	9	+

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

Tabla CXI. **Factores de retención para saponinas**

<b>Muestra</b>	<b>d (cm)</b>	<b>Rf</b>
1	5,20	0,7536
2	3,30	0,4783
3	4,75	0,6884
4	4,40	0,6377
5	4,75	0,6884
6	3,90	0,5652
7	3,05	0,4420
	3,45	0,5000
8	5,60	0,8116
	2,85	0,4130
	3,60	0,5217
9	4,05	0,5870
	4,50	0,6522
	5,95	0,8623

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

#### 4.2.4. Identificación de antraquinonas

Cromatografía en capa fina para la detección de antraquinonas en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).

Tabla CXII. **Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de antraquinonas**

<b>Solvente</b>	<b>Muestra</b>	<b>Antraquinonas</b>	<b>Antraquinonas identificadas</b>
Etanol al 45 %	2	+	Antronas y antranolas
	4	+	
	6	+	
Etanol al 70 %	1	+	
	3	+	
	5	+	
Etanol al 95 %	7	+	Antraquinonas
	8	+	
	9	+	

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

Tabla CXIII. **Factores de retención para antraquinonas**

<b>Muestra</b>	<b>d (cm)</b>	<b>Rf</b>
1	4,65	0,6838
	4,85	0,7132
	5,95	0,8750
2	4,60	0,6765
5	4,50	0,6618
	4,65	0,6838
	5,60	0,8235
4	4,45	0,6544
	4,65	0,6838
	5,70	0,8382
5	4,55	0,6691
	4,70	0,6912
	5,60	0,8235
6	4,40	0,6471
	4,65	0,6838
7	4,80	0,7059
	5,90	0,8676
8	5,50	0,8088
9	4,80	0,7059
	5,90	0,8676

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

#### **4.2.5. Identificación de taninos**

Análisis macro para la detección de taninos en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).

Tabla CXIV. **Reacciones coloridas para identificación de taninos en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Prueba	Muestra								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Gelatina al 1 %</b>	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<b>Gelatina-sal</b>	+	+	+	-	+	+	+	+	-
<b>Cloruro férrico</b>	-	+	+	-	+	-	+	+	+

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

Cromatografía en capa fina para la detección de taninos en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.).

Tabla CXV. **Análisis cromatográfico en capa fina para la detección de taninos**

Solvente	Muestra	Taninos
Etanol al 45 %	2	+
	5	+
	9	+
Etanol al 70 %	3	-
	4	-
	6	-
Etanol al 95 %	1	+
	7	+
	8	+

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

Tabla CXVI. Factores de retención para taninos

Muestra	d (cm)	Rf
1	4,80	0,6957
2	6,00	0,8696
5	5,95	0,8623
7	0,65	0,0942
	4,75	0,6884
8	0,65	0,0942
	4,75	0,6884
9	6,20	0,8986
Taninos	6,10	0,8841

Fuente: datos experimentales, LIPRONAT, USAC.

Tabla CXVII. Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 45 %

No.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Nombre común	Clasificación	No. CAS
1	34,555	4,2877	Ácido hexadecanoico	Ácido palmítico	Ácido graso saturado	57-10-3
2	4,854	1,9676	Ácido n-hexanoico	Ácido caproico	Ácido graso saturado	142-62-1
3	46,287	1,8361	Ácido (Z)-Eicos-11-enoico	Ácido cis-11-eicosenoico	Ácido graso insaturado	5561-99-9
4	3,807	1,8035	Ácido butanoico	Ácido butírico	Ácido graso saturado	107-92-6
5	44,317	1,3307	Ácido (9Z,12Z)-9,12-Octadecadienoico	Ácido g-linoleico	Ácido graso poliinsaturado	60-33-3
6	30,094	0,4943	Ácido (Z)-Tetradec-9-enoico	Ácido Miristoleico	Ácido graso insaturado	544-64-9

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla CXVIII. **Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 70 %**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Nombre común	Clasificación	No. CAS
1	5,1140	0,0072700	Ácido n-hexanoico	Ácido caproico	Ácido graso saturado	142-62-1
2	6,6760	0,0069100	Ácido decanoico	Ácido cáprico	Ácido graso saturado	334-48-5
3	34,584	0,0062800	Ácido hexadecanoico	Ácido palmítico	Ácido graso saturado	57-10-3
4	3,8490	0,0059800	Ácido butanoico	Ácido butírico	Ácido graso saturado	107-92-6
5	35,230	0,0031600	Ácido delta-9-cis-hexadecénico	Ácido palmitoleico	Ácido graso insaturado	373-49-9
6	30,167	0,0014200	Ácido (Z)-Tetradec-9-enoico	Ácido Miristoleico	Ácido graso insaturado	544-64-9

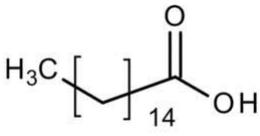
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla CXIX. **Perfil de ácidos grasos para el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) empleando como solvente de extracción alcohol etílico al 95 %**

No.	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Nombre común	Clasificación	No. CAS
1	34,634	0,14505	Ácido (Z)-pentadec-10-enoico	Ácido cis-10-pentadecenoico	Ácido graso insaturado	84743-29-3
2	37,413	0,00989	Ácido heptadecanoico	Ácido margárico	Ácido graso saturado	506-12-7
3	30,163	0,00767	Ácido (Z)-Tetradec-9-enoico	Ácido Miristoleico	Ácido graso insaturado	544-64-9
4	50,447	0,00532	Ácido docosanoico	Ácido behénico	Ácido graso saturado	112-85-6
5	39,219	0,00389	Ácido octadecanoico	Ácido esteárico	Ácido graso saturado	57-11-41
6	43,781	0,00231	Ácido araquídico	Ácido eicosanoico	Ácido graso saturado	506-30-9
7	34,428	0,00178	Ácido hexadecanoico	Ácido palmítico	Ácido graso saturado	57-10-3
8	44,316	0,00138	Ácido (9Z,12Z)-9,12-Octadecadienoico	Ácido g-linoleico	Ácido graso poliinsaturado	60-33-3
9	36,175	0,00070	Ácido delta-9-cis-hexadecénico	Ácido palmitoleico	Ácido graso insaturado	373-49-9
10	5,043	0,00055	Ácido n-hexanoico	Ácido caproico	Ácido graso saturado	142-62-1
11	39,805	0,00050	Ácido (10Z)-10-heptadecenoico	Ácido cis-10-heptadecenoico	Ácido graso insaturado	29743-97-3
12	3,777	0,00048	Ácido butanoico	Ácido butírico	Ácido graso saturado	107-92-6

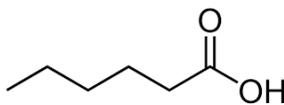
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla CXX. **Contenido de ácido palmítico en el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Concentración de etanol (%)	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Estructura molecular
45	34,555	4,2877	Ácido hexadecanoico	
70	34,584	0,00628		
95	34,428	0,00178		

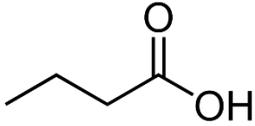
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla CXXI. **Contenido de ácido caproico presente en el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Concentración de etanol (%)	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Estructura molecular
45	4,854	1,9676	Ácido n-hexanoico	
70	5,114	0,00727		
95	5,043	0,00055		

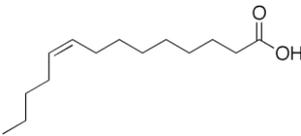
Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla CXXII. **Contenido de ácido butírico presente en el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Concentración de etanol (%)	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Estructura molecular
45	3,807	1,8035	Ácido butanoico	
70	3,849	0,00598		
95	3,777	0,00048		

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla CXXIII. **Contenido de ácido miristoleico presente en el extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Concentración de etanol (%)	Tiempo de retención (min)	Área (%)	Nomenclatura IUPAC	Estructura molecular
45	30,094	0,4943	Ácido (Z)-Tetradec-9-enoico	
70	30,167	0,00142		
95	30,163	0,00767		

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

#### 4.3. **Caracterización de la crema dermatológica formulada mediante pruebas organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas**

En las tablas presentadas a continuación, se muestra la formulación y caracterización de la crema dermatológica formulada empleando como principio activo los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del

diablo (*Ximenia americana* L.), partiendo de pruebas organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas.

Tabla CXXIV. **Formulación cuantitativa de la crema dermatológica, empleando como principio activo los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Reactivo	Porcentaje (%)
Alcohol cetílico	3,50
Silicona	2,00
Miristato de IP	2,00
Aceite mineral	1,00
DMDM hidantoína	0,30
BCare ET 58	2,00
Extracto	0,25
Propilenglicol	5,00
Óxido de zinc	0,50
Agua desmineralizada	83,45

Fuente: elaboración propia.

Tabla CXXV. **Caracterización organoléptica de la crema dermatológica elaborada a partir de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Código	Apariencia	Color	Olor
CD.E45.H	Homogénea	Salmón	Ligero aroma a petricor
CD.E70.H	Homogénea	Cobre	No posee un aroma perceptible
CD.E95.H	Homogénea	Crema	Ligero aroma a petricor
CD.E45.F	Homogénea	<i>Mint cream</i>	Ligero aroma a vainilla
CD.E70.F	Homogénea	<i>Honey dew</i>	Ligero aroma a vainilla
CD.E95.F	Homogénea	Blanco nieve	Ligero olor a fruta fermentada

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla CXXVI. **Potencial de hidrógeno de la crema dermatológica elaborada empleando como principio activo los extractos etanólicos de la hoja y el fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Porcentaje de etanol (%)	pH (adimensional)	
	Hoja	Fruto
45	7,3233 ± 0,4424	7,3067 ± 0,1137
70	7,7467 ± 0,03512	7,2400 ± 0,1418
95	7,3400 ± 0,08660	7,2400 ± 0,3297

Fuente: datos experimentales, LAFIQ, CII/USAC.

Tabla CXXVII. **Viscosidad de la crema dermatológica elaborada empleando como principio activo los extractos etanólicos de la hoja y el fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.)**

Porcentaje de etanol (%)	Viscosidad (cP)	
	Hoja	Fruto
45	16 100 ± 1 113,5529	13 733,3333 ± 321,4550
70	17 133,3333 ± 152,7525	17 000 ± 264,5751
95	16 200 ± 346,4102	16 100 ± 1 058,3005

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla CXXVIII. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 45 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado (UFC/g)</b>	<b>RTCA 71.03.45:07 (UFC/g)</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla CXXIX. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 70 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado (UFC/g)</b>	<b>RTCA 71.03.45:07 (UFC/g)</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla CXXX. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 95 % de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado (UFC/g)</b>	<b>RTCA 71.03.45:07 (UFC/g)</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla CXXXI. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 45 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado (UFC/g)</b>	<b>RTCA 71.03.45:07 (UFC/g)</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	6,0 ×10 <sup>9</sup>	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla CXXXII. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 70 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado (UFC/g)</b>	<b>RTCA 71.03.45:07 (UFC/g)</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla CXXXIII. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada a partir del extracto etanólico al 95 % de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala laboratorio**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado (UFC/g)</b>	<b>RTCA 71.03.45:07 (UFC/g)</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla CXXXIV. **Caracterización organoléptica de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres K'o Samuj Junan**

<b>Apariencia</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>
Homogénea	Marfil	Fragancia cosmética

Fuente: datos experimentales, LIEXVE, CII/USAC.

Tabla CXXXV. **Caracterización fisicoquímica de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres K'o Samuj Junan**

<b>Parámetro</b>	
<b>pH (adimensional)</b>	<b>Viscosidad (cP)</b>
7,5000 ± 0,308	8 733,3333 ± 577,3503

Fuente: datos experimentales, LAFIQ CII/USAC y Laboratorio de Farmacia Industrial, Facultad de CCQQ y Farmacia, USAC.

Tabla CXXXVI. **Análisis microbiológico de la crema dermatológica elaborada por la asociación de mujeres K'o Samuj Junan**

<b>Análisis</b>	<b>Resultado (UFC/g)</b>	<b>RTCA 71.03.45:07 (UFC/g)</b>
Recuento total de mesófilos aerobios	<10	<10 <sup>3</sup>
Recuento de mohos y levaduras	<10	<10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Ausencia

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

## 5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Se llevó a cabo la extracción y caracterización fisicoquímica de los extractos de la hoja y semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) para su aplicación en la formulación de una crema dermatológica. La materia prima fue recolectada directamente en su hábitat natural, a una altura de 1755 metros sobre el nivel del mar, en el municipio de San Martín Jilotepeque, departamento de Chimaltenango.

La obtención de los extractos etanólicos se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIECVE), por parte del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala. La materia prima fue colocada en contacto directo con el solvente de extracción, luego de haber pasado por un proceso de secado y de disminución de tamaño. Se incorporó agitación para el proceso de maceración dinámica, para luego separar el solvente del extracto mediante rotaevaporación. El tiempo de extracción de 4 horas, y el solvente de extracción fue etanol a 3 diferentes concentraciones: 45, 70 y 95 %.

En la tabla CII es posible apreciar la media y desviación estándar del rendimiento extractivo obtenido para cada una de las concentraciones de alcohol etílico empleadas durante el proceso de maceración dinámica, tanto para la hoja como para la semilla del fruto. Para ambos casos, el mayor rendimiento extractivo fue obtenido a una concentración de alcohol etílico de 45 %. Sin embargo, al observar el color de los extractos, únicamente los trabajados a una concentración de alcohol etílico del 95 % mantuvieron su tonalidad original. Esto se debe a que la mayoría de los pigmentos clorofílicos presentes

en las plantas poseen afinidad química en solventes orgánicos, como lo es el alcohol etílico. Por tal razón, aunque el rendimiento fue mayor a la menor concentración de alcohol etílico, la calidad de los extractos fue la más baja a estas condiciones, punto que se discutirá más adelante.

En las tablas XLIX y LI se detalla el análisis de varianza para un factor, que permite contrastar si existe diferencia significativa entre las medias muestrales de los rendimientos extractivos de la hoja y la semilla del fruto, respectivamente. El resultado fue un valor del coeficiente de Fischer mayor al valor crítico de este, por lo que se determinó que el rendimiento extractivo sí se ve afectado al utilizar diferentes concentraciones de alcohol etílico-agua como solvente de extracción, empleando un grado de confiabilidad del 95 %.

En este mismo sentido, en las tablas LXI, LXVII y LXXIII se muestra el análisis de varianza para un factor que permite contrastar si existe diferencia significativa entre las medias muestrales de los rendimientos extractivos según la parte de la planta utilizada, en función del tipo de concentración de alcohol etílico empleada para la obtención de los extractos, siendo de 45, 70 y 95 %. El resultado fue un valor del coeficiente de Fischer mayor a su valor crítico, por lo que se determinó que el rendimiento extractivo también se ve afectado según la parte de la planta utilizada, empleando un grado de confiabilidad del 95 %. Lo anterior resulta evidente, dado que los valores para la hoja fueron mayores a los obtenidos con la semilla del fruto.

Para la caracterización fisicoquímica de los extractos de la hoja y de la semilla del fruto, se calculó su densidad y se realizó la medición del índice de refracción y potencial de hidrógeno. La determinación de componentes químicos mayoritarios en los extractos de la hoja fue directamente cualitativa, mediante un tamizaje fitoquímico, el cual permitió identificar los principales

metabolitos secundarios presentes y que le atribuyen sus propiedades medicinales. Para el caso de los extractos de la semilla del fruto, la determinación de componentes químicos mayoritarios, específicamente ácidos grasos, fue tanto cualitativa como cuantitativa, debido a que fue posible identificar qué ácido graso estaba presente y su proporción.

Para el cálculo de la densidad se utilizó un picnómetro, encontrando la relación entre la masa y el volumen de extracto. En la tabla CIV pueden apreciarse los valores promedio para la densidad y sus respectivas desviaciones estándar, de los extractos de la hoja y de la semilla del fruto, obteniendo el mayor valor a una concentración de 70 % para el caso de la hoja y de 45 % en el caso de la semilla del fruto.

Las tablas LIII y LV muestran el análisis de varianza para los valores obtenidos de la densidad de los extractos de la hoja y la semilla del fruto, respectivamente. Partiendo de un grado de confiabilidad del 95 %, se obtuvo un valor del coeficiente de Fischer mayor al crítico para ambos casos, indicó que sí existe diferencia significativa en las densidades al utilizar como solvente extractivo alcohol etílico a 3 diferentes concentraciones.

Por otra parte, las tablas LXIII, LXIX y LXXV muestran el análisis de varianza para un factor que permite contrastar si existe diferencia significativa entre las medias muestrales de las densidades según la parte de la planta utilizada, en función del tipo de concentración de alcohol etílico empleada para la obtención de los extractos. Empleando un grado de confiabilidad del 95 %, los resultados obtenidos fueron un valor del coeficiente de Fischer menor al crítico para el caso de los extractos trabajados a concentraciones del 45 y 70 %, y un valor mayor del coeficiente de Fischer respecto al crítico para el extracto trabajado al 95 %. Esto permite determinar que no existe una diferencia

significativa en las densidades de los extractos obtenidos a una concentración de 45 y 70 %, pero sí en los extractos obtenidos a una concentración del 95 %, tomando en cuenta la parte de la planta trabajada.

En la tabla CIII se muestra el índice de refracción para ambos extractos, con su respectiva desviación estándar. Puede observarse que el valor máximo se obtuvo a una concentración de alcohol etílico del 70 % para el caso del extracto de la hoja y a 45 % para el caso del extracto de la semilla del fruto. Esta propiedad resulta útil para establecer la pureza del material en cuestión. Sin embargo, la diferencia respecto a los valores obtenidos para el extracto de la hoja con una concentración del 45 y 70 % es mínima, por lo que se infiere que al disminuir la concentración el alcohol etílico, el valor del índice de refracción aumenta, tendencia que sí es perceptible en el extracto de la semilla del fruto. Por lo tanto, los extractos a una concentración de 45 % son menos vulnerables a sufrir alteraciones.

En las tablas LVII y LIX se muestra el análisis de varianza realizado para el índice de refracción de los extractos de la hoja y de la semilla del fruto, respectivamente. Puede observarse que existe diferencia significativa entre las medias muestrales de los extractos de la hoja, mientras que no existe diferencia significativa entre las medias muestrales de los extractos de la semilla del fruto. De igual forma, se realizó un análisis de varianza tomando en cuenta la procedencia del extracto, los cuales se muestran en las tablas LXV, LXXI y LXXVII, para concentraciones del 45, 70 y 95 % respectivamente. Puede apreciarse que existe únicamente diferencia significativa entre las medias muestrales del extracto obtenido a una concentración del 95 %, tomando en cuenta su procedencia.

Para determinar el potencial de hidrógeno de los extractos de la hoja y del fruto no se realizó un análisis de varianza, ya que las mediciones se realizaron con papel tornasol, debido principalmente al volumen de extracto obtenido, y también a la viscosidad de estos puesto que, si se empleaba un potenciómetro, este podía sufrir daños severos en la sonda. Por tal razón, se obtuvieron valores enteros que no era posible analizar estadísticamente.

Con respecto al análisis químico de los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), se llevó a cabo un tamizaje fitoquímico y un análisis de perfil de ácidos grasos mediante cromatografía gaseosa, respectivamente.

En la tabla CV puede apreciarse un resumen de las pruebas coloridas realizadas a los extractos etanólicos de la hoja, para la identificación de alcaloides. Como se observa, las pruebas fueron positivas únicamente para las muestras obtenidas con una concentración de alcohol etílico del 95 %, por lo que se presumía la presencia de alcaloides. Sin embargo, al momento de realizar una cromatografía de capa fina para estas muestras, como se puede apreciar en la tabla CVI, la prueba fue negativa, por lo que se descartó la presencia de alcaloides en los extractos etanólicos de la hoja.

En las tablas CVIII, CX y CXII se muestran los resúmenes de las cromatografías en capa fina llevadas a cabo para la identificación de flavonoides, saponinas y antraquinonas, respectivamente. Como puede observarse, la presencia de los metabolitos secundarios mencionados fue positiva para todas las muestras. Estos principios activos son los que confieren a los extractos las propiedades medicinales, ya que son antioxidantes y antimicrobianos, que son características que deben cumplir los principios activos en la industria cosmética y farmacéutica.

Sin embargo, debe aclararse que, aunque la presencia de los metabolitos secundarios fue positiva para todos los extractos, la cromatografía en capa fina reveló una mayor presencia en los extractos obtenidos con alcohol etílico a una concentración del 95 %. Esto se debe a que, a dicha concentración, es posible extraer la mayor cantidad de metabolitos secundarios debido a la afinidad química que poseen estos con el solvente. Por tal razón, para atribuirle las propiedades del extracto etanólico de la hoja a la crema dermatológica, se recomienda emplear aquellos obtenidos a una concentración del 95 %.

En la tabla CXIV se muestran los resultados obtenidos de las pruebas coloridas para la identificación de taninos en los extractos etanólicos de la hoja. Como puede observarse, el comportamiento no sigue una tendencia y, sin embargo, las pruebas fueron positivas para todas las muestras. Al realizar la cromatografía en capa fina, se confirmó presencia de taninos únicamente en los extractos trabajados al 45 y 95 %, tal y como se muestra en la tabla CXV. Los taninos son los responsables de brindarle a los extractos propiedades antiinflamatorias y astringentes. No obstante, los taninos son compuestos que, generalmente, se encuentran en la corteza o raíz de las plantas, por lo que se presume que la presencia de estos en la hoja es mínima.

En las tablas CVII, CIX, CXI, CXIII y CXVI se muestran los factores de retención calculados para los metabolitos secundarios identificados en los extractos etanólicos de la hoja. Dichos factores muestran la distancia recorrida por cada uno de los metabolitos secundarios en las distintas fases móviles utilizadas.

Para el análisis químico de los extractos etanólicos de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) se realizó un perfil de ácidos grasos mediante cromatografía gaseosa, que permitió la identificación de los

principales componentes químicos de manera cualitativa y cuantitativa. Un resumen de dichos componentes se muestra en las tablas CXVII, CXVIII y CXIX, para cada una de las concentraciones de alcohol etílico empleadas, es decir, 45, 70 y 95 % respectivamente. Los cuatro principales ácidos grasos identificados en los extractos fueron el ácido palmítico, caproico, butírico y miristoleico.

Se puede observar que los ácidos grasos presentes en los extractos etanólicos trabajados a concentraciones del 45 y 70 % son similares. El ácido palmítico y el ácido caproico se encuentran en mayor proporción, respectivamente. Sin embargo, en la tabla CXIX correspondiente a los ácidos grasos presentes en los extractos trabajados con alcohol etílico al 95 %, se observa que los ácidos grasos identificados fueron más con respecto a los extractos del 45 y 70 %. Esto se debe a que cuanto mayor sea la polaridad del solvente de extracción, mayor es la cantidad de compuestos extraídos. De igual forma, el componente con una mayor proporción presente en el extracto del 95 % fue el ácido cis-10-pentadecenoico. La base de datos de los ácidos grasos identificados en los extractos puede apreciarse en el apéndice 6 al 11, así como los cromatogramas trazados por el equipo.

En las tablas CXX, CXXI, CXXII y CXXIII se muestra la comparación de los cuatro ácidos grasos identificados según la concentración de alcohol empleada para la obtención de los extractos. Con base en el tiempo de retención y porcentaje de área fue posible determinar que sí existe variación en los valores obtenidos, dado que para una concentración del 45 %, el porcentaje de área es mucho mayor respecto a los trabajados con 70 y 95 % de alcohol etílico. No obstante, el ácido palmítico estuvo presente en los 3 extractos, lo cual resulta consistente dado que dicho compuesto es el ácido graso saturado con mayor abundancia en lípidos vegetales. Este ácido es el responsable de

brindarle propiedades suavizantes a la crema dermatológica, además de actuar como agente inhibidor de hongos y levaduras. Ácidos como el behénico y esteárico fueron identificados únicamente en el extracto trabajado a una concentración del 95 %, y los porcentajes fueron muy bajos, 0,00532 y 0,00389 respectivamente.

Para la formulación de la crema dermatológica (emulsión aceite en agua), se emplearon los 6 extractos obtenidos, con el fin de visualizar si existía diferencia significativa en las mediciones de sus propiedades, así como en sus características organolépticas. Es importante mencionar que se utilizó DMDM hidantoína como agente preservante, a un porcentaje del 0,3 %, debido a que su concentración máxima autorizada en cosméticos corresponde a un 0,6 %. La crema dermatológica formulada posee propiedades humectantes y cicatrizantes debido a los componentes químicos presentes en cada uno de los extractos. El método aplicado para la crema fue una emulsión en caliente, en la que se preparan simultáneamente la fase acuosa y oleosa, calentando hasta una temperatura de 70 °C y luego uniendo ambas fases a dicha temperatura.

En la tabla CXXIV se detalla la formulación cuantitativa para la crema dermatológica. Dado que se trata de una emulsión tipo aceite en agua, se espera que la proporción de agua predomine sobre el resto de los componentes, porque se trata de la fase dispersa, y se empleó a un porcentaje de 83,45 %. El alcohol cetílico se empleó como agente co-emulsificante, ya que brinda consistencia, estabilidad y emoliencia en una emulsión. Como agente hidratante se empleó propilenglicol de alta pureza (USP) a una proporción del 5 %. Los extractos se utilizaron a una proporción del 0,25 % porque se trata de un principio activo concentrado. Además, al trabajar una emulsión en caliente, el extracto se agregó a una temperatura de 37,5 °C puesto que es un compuesto termolábil, lo que implica que sus propiedades se ven alteradas con

un incremento de temperatura. Realizado todo esto, se realizó la caracterización organoléptica de la crema, tanto la elaborada en el presente estudio de investigación como la brindada por la asociación de mujeres, así como las mediciones del potencial de hidrógeno y viscosidad para determinar si existe diferencia significativa entre ambas.

En las tablas CXXV y CXXXIV se muestra la caracterización organoléptica realizada para las cremas elaboradas en el laboratorio y para la crema brindada por la asociación de mujeres. Puede apreciarse que, según el tipo de extracto empleado en la formulación, así fue el aroma y la coloración, fue más perceptibles en las cremas elaboradas con los extractos de la hoja y de la semilla del fruto obtenidos a una concentración de alcohol etílico del 95 %.

En el anexo 12 puede observarse la coloración de las 6 cremas elaboradas, y es posible apreciar que el cambio en la coloración fue más notorio en las cremas elaboradas con el extracto etanólico proveniente de la hoja. La coloración se brindó según el código internacional de colores, el cual asigna un código hexadecimal a cada color según su tonalidad y brillo. Para el caso de la crema elaborada por la asociación de mujeres, el aroma y la coloración son completamente diferentes, dado que para la elaboración de la crema se emplea el fruto. Lo anterior se realizó con base en el *Reglamento Técnico Centroamericano* RTCA 71.03.45.07 “Productos cosméticos, verificación de la calidad”. La apariencia para la crema elaborada es homogénea, dado que se trata de una emulsión.

Para la caracterización fisicoquímica de la crema dermatológica se midieron propiedades como el potencial de hidrógeno y la viscosidad. Además, se comparó estadísticamente cada uno de los valores obtenidos con los valores de la crema elaborada por la asociación, con el objetivo de determinar si existe

diferencia significativa entre ambas cremas. En las tablas CXXVI, CXXVII y CXXXV se pueden apreciar los valores del potencial de hidrógeno y viscosidad tanto para las cremas elaboradas en el presente estudio y la elaborada por la asociación. El pH se midió con la ayuda de un potenciómetro, y la viscosidad, con un viscosímetro, seleccionando previamente el tipo de aguja correcto y el número de revoluciones por minuto adecuadas para la crema, multiplicando finalmente por un factor para obtener el valor de la viscosidad.

Como puede observarse en las tablas CXXXVI y CXXXV, el pH de todas las cremas se aproxima a 7. Este aspecto es importante porque el pH de la piel es de aproximadamente 5,5. No se empleó un regulador de pH porque el pH de los extractos osciló entre 4 y 5, indicando un valor ácido. Sin embargo, al incorporarlo a la formulación de la crema dermatológica, el pH de esta no bajó como se esperaba, y esto se debe a que probablemente el extracto reacciona con los reactivos empleados en la formulación. En este mismo sentido, en las tablas CXXXVII y CXXXV se muestran las viscosidades para cada una de las cremas. Es posible visualizar que, en comparación con la crema elaborada por la asociación, los valores obtenidos para las elaboradas con los extractos son mucho más altos. Esto se debe a que, dentro de la formulación se utilizó alcohol cetílico, el cual le brinda consistencia a la crema y la hace más espesa.

En las tablas LXXIX, LXXXIII, LXXXVII, XCI, XCV y XCIX se muestra el análisis de varianza que compara las medias muestrales del potencial de hidrógeno de la crema elaborada en el laboratorio y las de la crema elaborada por la asociación. Puede apreciarse que, para las 6 cremas elaboradas, no existe diferencia significativa en comparación con la elaborada por la asociación, dado que el valor del coeficiente de Fischer es menor que el valor crítico. En el caso de la viscosidad, el análisis de varianza mostró que sí existe diferencia significativa entre las 6 cremas elaboradas y la elaborada por la

asociación, información que se resume en las tablas LXXXI, LXXXV, LXXXIX, XCIII, XCVII y CI. Esto se debe a que la formulación de ambas cremas difiere en cuanto a reactivos empleados.

La formulación de la crema dermatológica elaborada en el presente estudio fue el resultado de diversas pruebas, por lo que los porcentajes para cada uno de los reactivos fueron establecidos por el experimentador. Por tal razón, se acudió al *Reglamento Técnico Centroamericano* para la evaluación de las propiedades de la crema, y de esta forma, fue posible determinar que la crema dermatológica cumplía con los estándares de control de calidad exigidos por este.

En las tablas CXXVIII, CXXIX, CXXX, CXXXI, CXXXII, CXXXIII y CXXXVI se muestra el análisis microbiológico realizado a las cremas dermatológicas, incluyendo la de la asociación. Como puede observarse, los resultados obtenidos fueron satisfactorios, excepto para la crema elaborada empleando el extracto de la semilla del fruto obtenido a una concentración de alcohol etílico del 45 %. Esto puede deberse a que el extracto, a dicha concentración, no es apto para su uso en cosméticos. Esto confirmó, nuevamente, que solo los extractos obtenidos a una concentración del 95 % deben usarse para aprovechar al máximo las propiedades medicinales del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), puesto que a estas condiciones los principios activos se encuentran a una mayor concentración.



## CONCLUSIONES

1. Existe diferencia significativa en el rendimiento extractivo de los extractos etanólicos del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) en términos de la concentración del solvente extractivo y la parte de la planta utilizada, siendo el mayor valor de  $39,6810 \pm 2,8356$  % para el extracto de la hoja obtenido a una concentración del 45 % y el menor valor de  $7,3755 \pm 1,2142$  % para el extracto de la semilla del fruto obtenido a una concentración del 95 %.
2. No existe diferencia significativa en la densidad de los extractos etanólicos del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) obtenidos a una concentración de alcohol etílico del 45 y 70 %.
3. Existe diferencia significativa en la densidad de los extractos etanólicos del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) en términos de la concentración del solvente extractivo, siendo el mayor valor de  $1,4142 \pm 0,02807$  g/cm<sup>3</sup> para el extracto de la hoja obtenido a una concentración del 70 % y el menor valor de  $0,9772 \pm 0,01834$  g/cm<sup>3</sup> para el extracto de la semilla del fruto obtenido a una concentración del 95 %.
4. No existe diferencia significativa en el índice de refracción de los extractos etanólicos de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) en términos de la concentración del solvente extractivo.

5. Existe diferencia significativa en el índice de refracción de los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), en términos de la concentración del solvente extractivo, el valor mayor fue de  $1,5047 \pm 0,01581$  a una concentración del 70 % y el valor menor de  $1,4502 \pm 0,002896$  a una concentración del 95 %.
6. Los metabolitos secundarios identificados en los extractos etanólicos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) fueron flavonoides, saponinas, antraquinonas y taninos, a los cuales se les atribuyen las propiedades medicinales de la planta.
7. El ácido graso presentes en mayor porcentaje en los extractos etanólicos de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) obtenidos a una concentración de alcohol etílico del 45 % fue el ácido palmítico (4,2877 %), y es el encargado de otorgar propiedades suavizantes a la crema dermatológica.
8. Los ácidos grasos, biomoléculas formadas por una cadena larga hidrocarbonada, identificados en los extractos de la semilla del fruto obtenidos a las 3 concentraciones de alcohol etílico fueron el ácido palmítico, caproico, butírico y miristoleico, siendo el mayor porcentaje en los extractos con concentración etanólica del 45 %.
9. La crema dermatológica elaborada cumple con los requisitos microbiológicos del *Reglamento Técnico Centroamericano*, a excepción de la elaborada con el extracto etanólico de la semilla del fruto obtenido a una concentración del 45 %.
10. Existe diferencia significativa en la viscosidad de la crema elaborada en el presente estudio y la elaborada por la asociación de mujeres.

## RECOMENDACIONES

1. Llevar a cabo la obtención del extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a escala planta piloto.
2. Realizar un estudio sobre la obtención de los extractos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) empleando diferentes solventes, para comparar los metabolitos secundarios resultantes del tamizaje fitoquímico.
3. Llevar a cabo el proceso de derivatización de las muestras obtenidas de extracto etanólico de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) para la identificación de compuestos químicos en estas mediante una cromatografía líquida de alta resolución.
4. Realizar una extracción de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) originarios de otra procedencia.
5. Realizar un estudio empleando el mesocarpio del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), para la identificación de principios activos que le otorgan la actividad astringente.
6. Aplicar los extractos etanólicos de la hoja y la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.) a productos alimenticios, farmacéuticos y pesticidas, y evaluar su actividad antimicrobiana, analgésica y pesticida.

7. Realizar un estudio sobre los glicósidos cianogénicos presentes en los extractos de la hoja del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), y evaluar la actividad anticancerígena de estos y la factibilidad económica de dicho proceso.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ÁLVAREZ MEJÍA, Williams Guillermo. *Las operaciones unitarias físicas controladas por la transferencia de materia y la transferencia simultánea de materia y energía*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 129 p.
2. BRASILEIRO, Mariana Trycia, ALENCAR DO EGITO, Amanda y RODRIGUES DE LIMA, Januária. *Ximenia americana L.: botânica, química e farmacologia no interesse da tecnologia farmacêutica*. *Revista Brasileira de Farmácia*. [en línea]. <[http://www.rbfarma.org.br/files/pag\\_164a167\\_ximenia\\_americana.pdf](http://www.rbfarma.org.br/files/pag_164a167_ximenia_americana.pdf)>. [Consulta: 6 de mayo de 2016].
3. CHHABRA, S. C. y VISO, F. C. *A survey of the medicinal plants Eastern Tanzania for Alkaloids, Flavonoids, saponins and Tannins*. *Fitoterapia*. Estados Unidos: McGraw-Hill, 2007. 391 p.
4. *Definición de dermatología*. [en línea]. <<http://conceptodefinicion.de/dermatologia>>. [Consulta: 1 de julio de 2016].
5. FERNANDEZ, Enrique Alía. *Control de calidad en fórmulas dermatológicas*. [en línea]. <[http://apps.elsevier.es/watermark/ctl\\_servlet?\\_f=10&pidet\\_articulo=13044494&pidet\\_usuario=0&pcontactid=&pidet\\_revista=3&ty](http://apps.elsevier.es/watermark/ctl_servlet?_f=10&pidet_articulo=13044494&pidet_usuario=0&pcontactid=&pidet_revista=3&ty)>

=101&accion=L&origen=zonadelectura&web=www.elsevier.es&lan=es&fichero=3v17n02a13044494pdf001.pdf>. [Consulta: 11 de mayo de 2016].

6. GEYID, Aberra, ABEBE, Dawit y DEBELLA, Asfaw. *Screening of medicinal plants of Ethiopia for their anto-microbial properties and chemical profiles.* [en línea]. <<http://www.ethnopharmacologia.org/prelude2018/pdf/biblio-ha-34-geyid.pdf>>. [Consulta: 5 de mayo de 2016].
7. HUNDE Feyssa, Debela, NJOKA, Jesse y ASFAW, Zemedede. *Uses and management of Ximenia americana, Olacaceae in semi-arid east Shewa.* [en línea]. <[https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44\(4\)/01.pdf](https://www.pakbs.org/pjbot/PDFs/44(4)/01.pdf)>. [Consulta: 3 de mayo de 2016].
8. JAMES, D. B., ABU, E. A., y ORJI, G. N. *Phytochemical and antimicrobial investigation of the aqueous and methanolic extracts of Ximenia americana.* [en línea]. <[https://www.researchgate.net/profile/Dorcas\\_James2/publication/26562615\\_Phytochemical\\_and\\_Antimicrobial\\_Investigation\\_of\\_the\\_Aqueous\\_and\\_Methanolic\\_Extracts\\_of\\_Ximenia\\_americana/links/58c365e7aca272e36dd04aca/Phytochemical-and-Antimicrobial-Investigation-of-the-Aqueous-and-Methanolic-Extracts-of-Ximenia-americana.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dorcas_James2/publication/26562615_Phytochemical_and_Antimicrobial_Investigation_of_the_Aqueous_and_Methanolic_Extracts_of_Ximenia_americana/links/58c365e7aca272e36dd04aca/Phytochemical-and-Antimicrobial-Investigation-of-the-Aqueous-and-Methanolic-Extracts-of-Ximenia-americana.pdf)>. [Consulta: 30 de abril de 2016].
9. LARRONDO MUGUERCIA, Rubén José, LARRONDO LAMADRID, Rubén José y HERNÁNDEZ GARCÍA, Luis Manuel. *Formulario dermatológico básico para el médico de la familia.* [en línea].

<[http://www.bvs.sld.cu/revistas/mgi/vol13\\_5\\_97/mgi01597.htm](http://www.bvs.sld.cu/revistas/mgi/vol13_5_97/mgi01597.htm)>.  
[Consulta: 1 de mayo de 2016].

10. ¿Qué son los excipientes? *Medicamentoso*. [en línea]. <<http://medicamentoso.cl/que-son-los-excipientes/>>. [Consulta: 2 de mayo de 2016].
11. QUEIROZ MONTE, Francisco José, GOMES DE LEMOS, Telma Leda y SILVA DE ARAÚJO, Mónica Regina. *Ximenia americana: chemistry, pharmacology and biological properties, a review*. Croacia: Teodora Smiljanic, 2012. 450 p.
12. Reglamento Técnico Centroamericano RTCA 11.03.47.07. *Verificación de Calidad de Productos Farmacéuticos*. [en línea]. <<http://medicamentos.mspas.gob.gt/index.php/legislacion-vigente/resoluciones-comieco>>. [Consulta: 30 de abril de 2016].
13. SACANDE, Moctar y VAUTIER, Helen. *Ximenia americana L.* [en línea]. <[https://curis.ku.dk/ws/files/20497181/ximenia\\_112.pdf](https://curis.ku.dk/ws/files/20497181/ximenia_112.pdf)>. [Consulta: 4 de mayo de 2016].
14. SERNA, J., VITALES, M. y LÓPEZ, M. C. *Dermatología*. España: SEFH, 2002. 875 p.
15. SHYAULA, Sajan L., ISHAK, Christina y HUSSIEN Ayoub. *Bioassay and phytochemical studies on Ximenia americana L. bark ethanolic extract*. [en línea]. <<http://researchpub.org/journal/jfpi/number/vol2-no3/vol2-no3-11.pdf>>. [Consulta: 2 de mayo de 2016].

16. TRIOLA, Mario F. *Estadística*. México: Pearson Educación S. A., 2006. 838 p.
17. VOSS, Cristina, EYOL, Ergül, y BERGER, Martin R. *Identification of potent anticancer activity in Ximenia americana aqueous extracts used by African traditional medicine*. [en línea]. <<https://eurekamag.com/pdf/004/004439370.pdf>>. [Consulta: 1 de mayo de 2016].
18. WADE, Leroy. *Química orgánica*. México: Pearson educación S. A., 2011. 656 p.
19. WALPOLE, Ronald E., MYERS, Raymond H. y MYERS, Sharon L. *Probabilidad y estadística para ingeniería y ciencias*. México: Pearson educación S. A., 2012. 792 p.

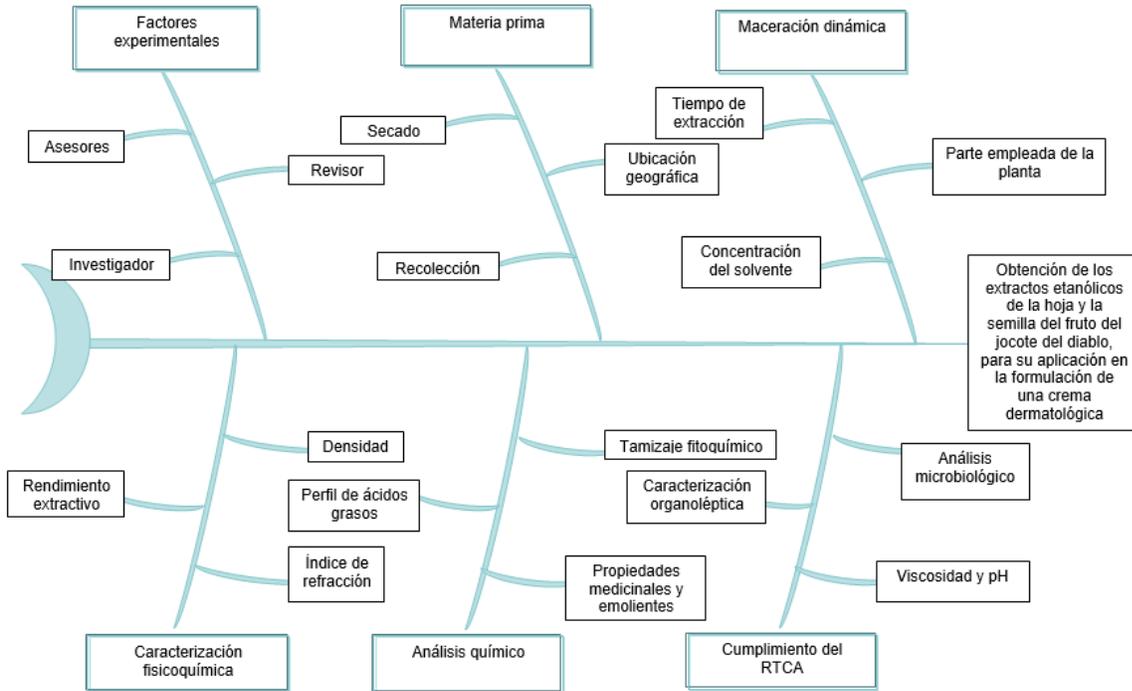
## APÉNDICES

### Apéndice 1. Requisitos académicos para la carrera de ingeniería química

Área	Curso	Temas
Química	Química 4	Soluciones
	Análisis cuantitativo	Errores de medición
	Química orgánica 2	Ácidos carboxílicos, derivados de ácidos carboxílicos y ésteres.
	Bioquímica	Lípidos
	Microbiología	Control de calidad
Operaciones unitarias	IQ-3, Transferencia de calor	Transferencia de calor
	IQ-4, Transferencia de masa en etapas de equilibrio	Lixiviación
	IQ-5, Transferencia de masa en unidades continuas	Secado
Fisicoquímica	Laboratorio de Fisicoquímica 2	Espectrofotometría
	Termodinámica 3	Leyes de la termodinámica
	Termodinámica 4	Equilibrio líquido-vapor
Especialización	Extracciones industriales	Aceites fijos y métodos de extracción
Área de ciencias básicas y complementarias	Técnicas de estudio e investigación	Metodología de investigación
	Ingeniería económica 1	Presupuesto y planificación
	Estadística 1	Análisis de datos

Fuente: elaboración propia.

## Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

## ANEXOS

### Anexo 1. Recolección de materia prima en el municipio de San Miguel Jilotepeque, en el departamento de Chimaltenango



Fuente: Aldea Salcalá las Lomas, San Martín Jilotepeque, Chimaltenango.

Anexo 2. **Secado de la materia prima**

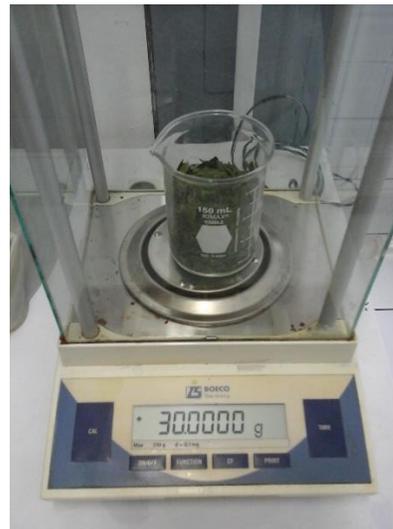


Continuación del anexo 2.

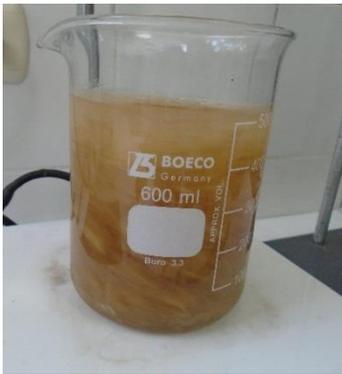


Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 3. **Obtención de los extractos etanólicos de la hoja y semilla del fruto de *Ximenia americana* L. a escala laboratorio**



Continuación del anexo 3.



Continuación del anexo 3.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Anexo 4. **Caracterización fisicoquímica de los extractos etanólicos de la hoja y semilla del fruto de *Ximenia americana* L.**



Continuación del anexo 4.

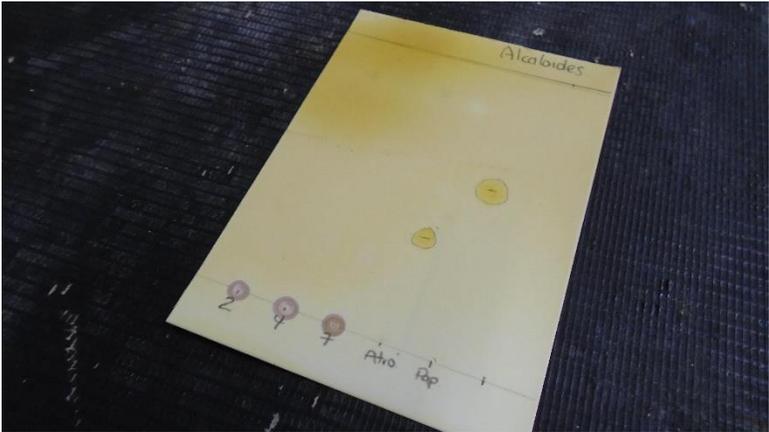
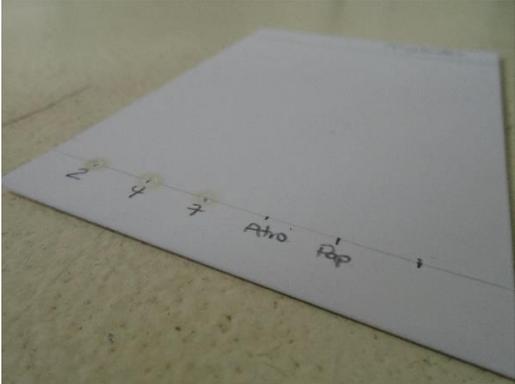


Laboratorio de Investigación de Productos Naturales, T-10,  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

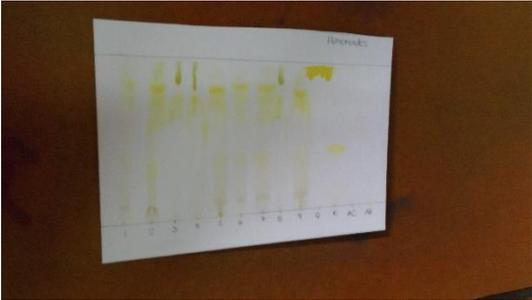
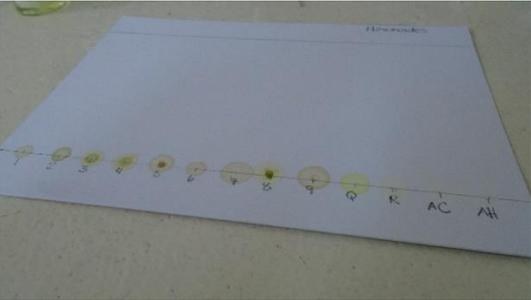
Anexo 5. **Tamizaje fitoquímico realizado a los extractos etanólicos de la hoja de *Ximenia americana* L.**



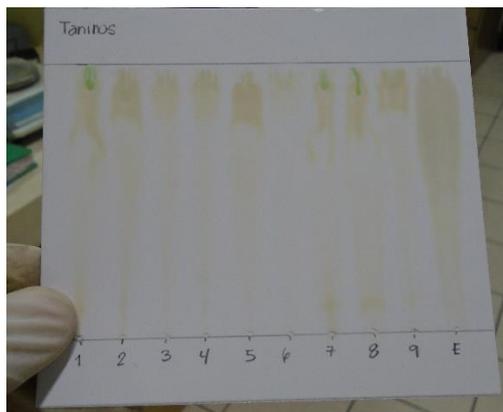
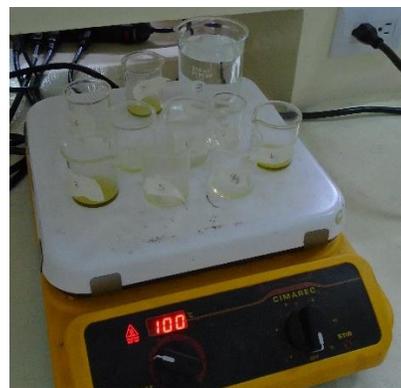
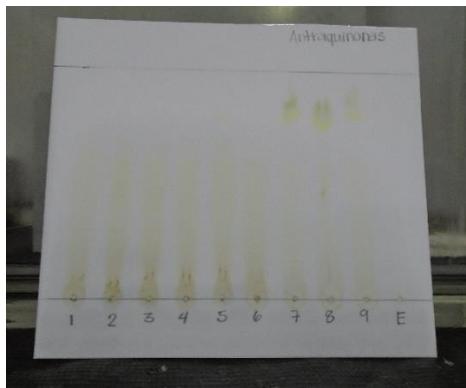
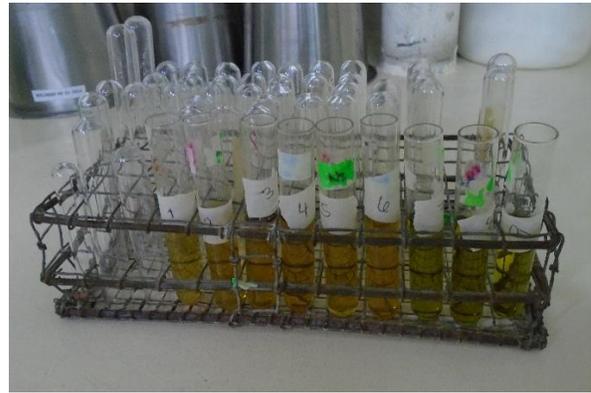
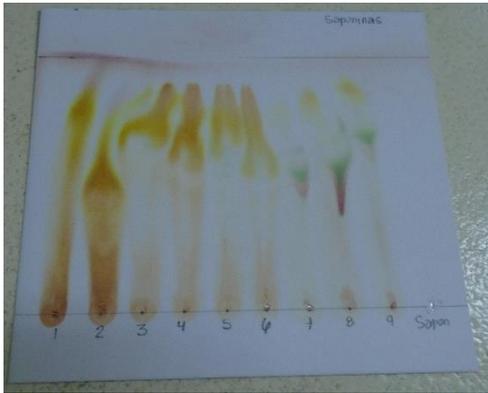
Continuación del anexo 5.



Continuación del anexo 5.

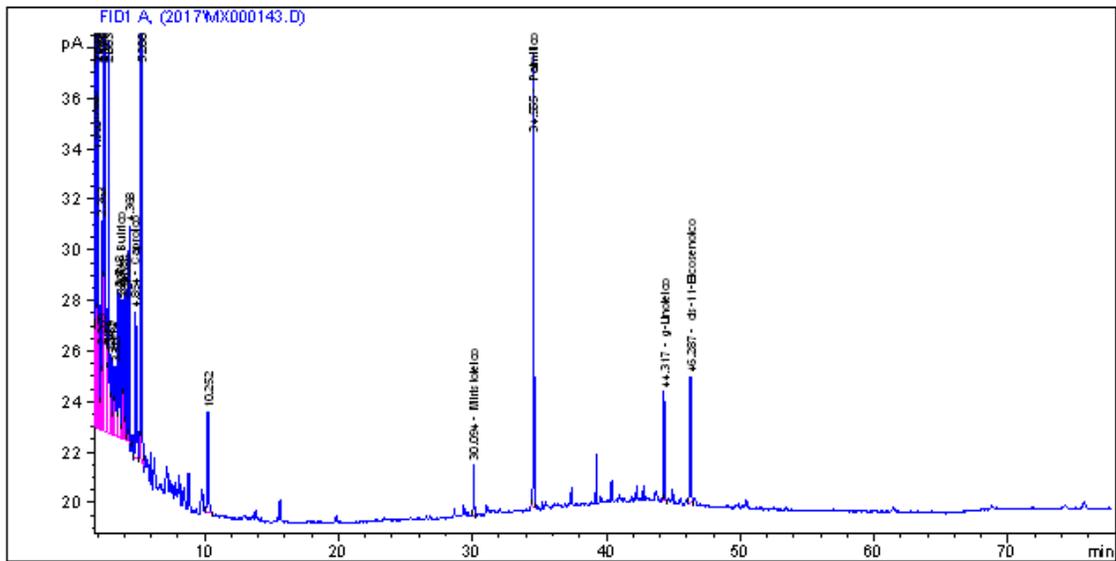


Continuación del anexo 5.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Productos Naturales, T-10,  
Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 6. **Cromatograma correspondiente al extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), obtenido con etanol al 45 %**



Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, T-13, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 7. **Base de datos para la identificación de componentes mayoritarios del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), obtenido con etanol al 45 %**

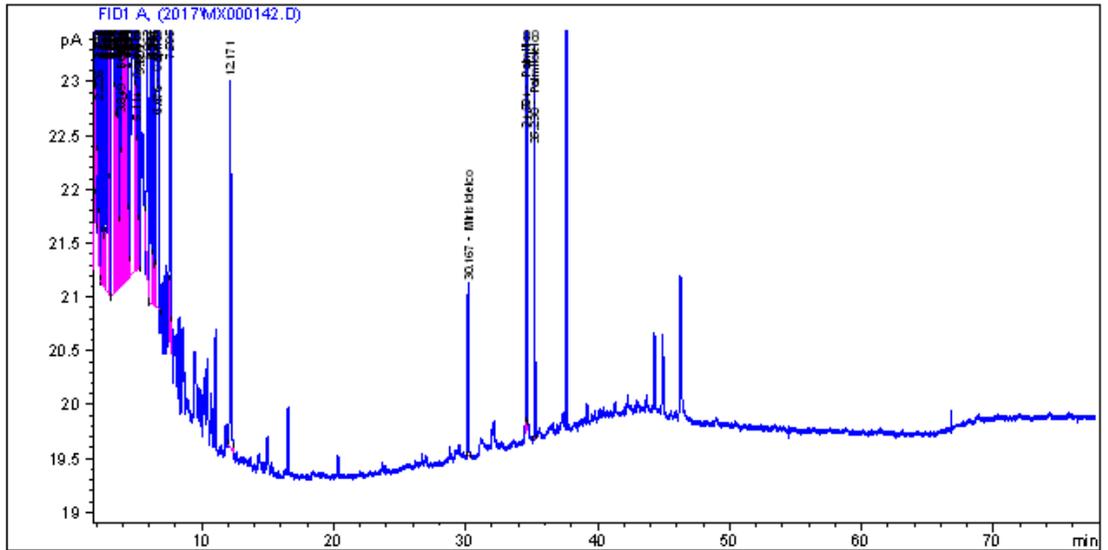
Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	0.070	BV	0.0263	54.84097	2.77257	?
2	0.231	VV	0.0320	21.77396	1.10082	?
3	0.401	VV	0.0490	24.99124	1.26347	?
4	0.509	VV	0.0609	82.10693	4.15105	?
5	0.638	VV	0.0298	16.11350	0.81464	?
6	0.714	VV	0.0447	15.01061	0.75889	?
7	0.938	VV	0.0376	207.44836	10.48788	?
8	1.068	VV	0.0663	28.17231	1.42430	?
9	1.152	VV	0.0582	30.76415	1.55533	?
10	1.239	VV	0.0418	14.33740	0.72485	?
11	1.298	VV	0.0856	67.01534	3.38807	?
12	1.536	VV	0.0644	56.71854	2.86750	?
13	1.685	VV	0.0650	54.10802	2.73552	?
14	1.760	VV	0.0392	31.34620	1.58476	?
15	1.838	VV	0.0640	68.31975	3.45401	?
16	1.950	VV	0.0491	36.26679	1.83352	?
17	2.063	VV	0.0723	98.21690	4.96551	?
18	2.269	VV	0.0502	11.03017	0.55765	?
19	2.363	VV	0.0898	48.13221	2.43340	?
20	2.499	VB	0.0567	298.07715	15.06976	?
21	2.803	BB	0.0692	73.20422	3.70095	?
22	2.989	BV	0.0670	14.67407	0.74187	?
23	3.112	VV	0.1228	28.87771	1.45996	?
24	3.327	VV	0.0884	17.25743	0.87248	?
25	3.548	VV	0.1199	47.56072	2.40451	?
26	3.807	VV	0.0923	35.67246	1.80348	Butirico
27	3.947	VV	0.0724	24.90221	1.25897	?
28	4.086	VB	0.0673	26.23126	1.32616	?
29	4.368	BB	0.1016	59.53331	3.00980	?
30	4.854	BB	0.1008	38.91818	1.96757	Caprico
31	5.288	BB	0.0827	155.23776	7.84829	?
32	7.000		0.0000	0.00000	0.00000	Caprico
33	9.073		0.0000	0.00000	0.00000	Caprilico
34	10.252	BB	0.1284	33.89532	1.71363	?
35	16.845		0.0000	0.00000	0.00000	Undecanoico
36	20.667		0.0000	0.00000	0.00000	Laurico

Continuación del anexo 7.

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
37	24.263		0.0000	0.00000	0.00000	Tridecanoico
38	27.545		0.0000	0.00000	0.00000	Miristico
39	30.094	BB	0.0772	9.77783	0.49433	Miristoleico
40	31.702		0.0000	0.00000	0.00000	Pentadecanoico
41	33.491		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-10-pentadecenoico
42	34.555	BB	0.0764	84.80981	4.28769	Palmitico
43	36.266		0.0000	0.00000	0.00000	Palmitoleico
44	36.920		0.0000	0.00000	0.00000	Heptadecanoico
45	38.777		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-10-heptadecenoico
46	39.463		0.0000	0.00000	0.00000	Estearico
47	41.281		0.0000	0.00000	0.00000	Elaidico
48	41.523		0.0000	0.00000	0.00000	Oleico
49	41.827		0.0000	0.00000	0.00000	Linolelaidico
50	42.970		0.0000	0.00000	0.00000	Linoleico
51	43.811		0.0000	0.00000	0.00000	Araquidico
52	44.317	BB	0.0936	26.32124	1.33071	g-Linoleico
53	46.287	BB	0.1092	36.31802	1.83611	cis-11-Eicosenoico
54	47.080		0.0000	0.00000	0.00000	Linolenico
55	47.548		0.0000	0.00000	0.00000	Heneicosanoico
56	49.254		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-11,14-Eicosadienoico
57	50.391		0.0000	0.00000	0.00000	Behenico
58	51.357		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-8,11,14-Eicosatrienoico
59	51.886		0.0000	0.00000	0.00000	Erucico
60	54.319		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-11,14,17-Eicosatrienoico
61	54.945		0.0000	0.00000	0.00000	Araquidonico
62	56.033		0.0000	0.00000	0.00000	Tricosanoico
63	58.699		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-13,16-Docosadienoico
64	60.382		0.0000	0.00000	0.00000	Lignocerico
65	67.644		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico
66	67.667		0.0000	0.00000	0.00000	Nervonico
67	69.383		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-4,7,10,13,16,19-Docosaenoico

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, T-13, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,  
USAC.

Anexo 8. **Cromatograma correspondiente al extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), obtenido con etanol al 70 %**



Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, T-13, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 9. **Base de datos para la identificación de componentes mayoritarios del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), obtenido con etanol al 70 %**

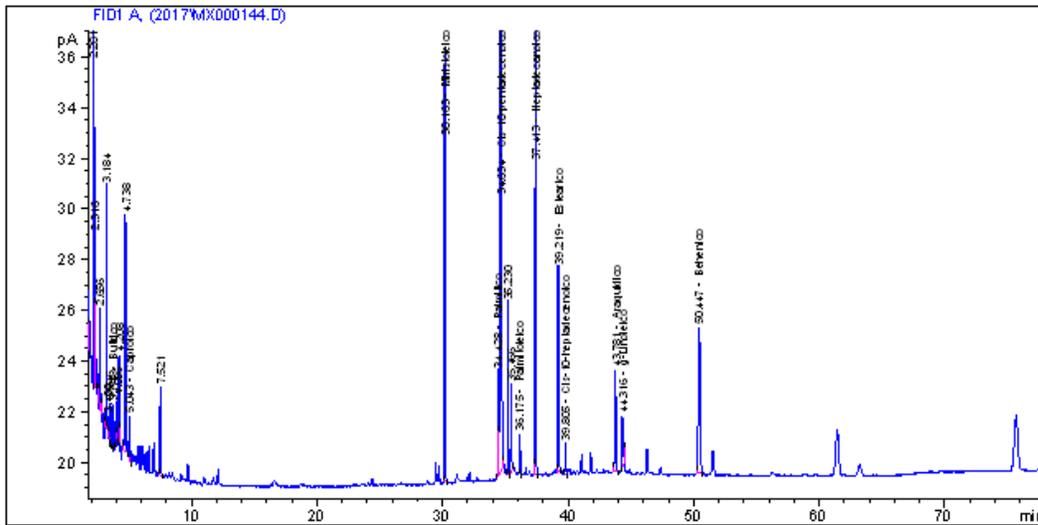
Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	1.382	BB S	0.0232	5.40435e5	99.80759	?
2	1.904	BB T	0.0236	4.14390	0.00077	?
3	2.174	BV	0.0385	4.79747	0.00089	?
4	2.226	VV	0.0424	4.53991	0.00084	?
5	2.387	VV	0.0272	29.87868	0.00552	?
6	2.548	VV	0.0458	19.39769	0.00358	?
7	2.717	VV	0.0595	17.88330	0.00330	?
8	2.883	VV	0.0789	33.40480	0.00617	?
9	2.955	VV	0.0318	9.50469	0.00176	?
10	3.029	VV	0.0489	8.79253	0.00162	?
11	3.254	VV	0.0384	125.94596	0.02326	?
12	3.359	VV	0.0776	17.83216	0.00329	?
13	3.467	VV	0.0735	23.74838	0.00439	?
14	3.612	VV	0.0657	31.55205	0.00583	?
15	3.849	VV	0.0624	32.40432	0.00598	Butirico
16	3.998	VV	0.0616	31.14764	0.00575	?
17	4.074	VV	0.0420	19.52306	0.00361	?
18	4.150	VV	0.0616	40.52541	0.00748	?
19	4.264	VV	0.0479	19.73748	0.00365	?
20	4.365	VV	0.0601	18.31381	0.00338	?
21	4.460	VV	0.0645	7.54675	0.00139	?
22	4.811	VV	0.0602	191.98369	0.03546	?
23	4.916	VB	0.0872	20.93088	0.00387	?
24	5.114	BV	0.0628	39.35760	0.00727	Caproico
25	5.301	VV	0.0622	7.21801	0.00133	?
26	5.862	BV	0.1005	21.04677	0.00389	?
27	6.117	VV	0.0840	20.42698	0.00377	?
28	6.261	VV	0.0643	10.25032	0.00189	?
29	6.396	VB	0.0676	16.67929	0.00308	?
30	6.676	BB	0.1035	37.44142	0.00691	Caprico
31	7.595	BB	0.0788	95.21087	0.01758	?
32	9.073		0.0000	0.00000	0.00000	Caprilico
33	12.171	BB	0.1028	21.83492	0.00403	?
34	16.845		0.0000	0.00000	0.00000	Undecanoico
35	20.667		0.0000	0.00000	0.00000	Laurico

Continuación del anexo 9.

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
36	24.263		0.0000	0.00000	0.00000	Tridecanoico
37	27.545		0.0000	0.00000	0.00000	Miristico
38	30.167	BB	0.0748	7.71399	0.00142	Miristoleico
39	31.702		0.0000	0.00000	0.00000	Pentadecanoico
40	33.491		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-10-pentadecenoico
41	34.584	BB	0.0723	34.00353	0.00628	Palmitico
42	35.230	BB	0.0751	17.12980	0.00316	Palmitoleico
43	36.920		0.0000	0.00000	0.00000	Heptadecanoico
44	38.777		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-10-heptadecenoico
45	39.463		0.0000	0.00000	0.00000	Estearico
46	41.281		0.0000	0.00000	0.00000	Elaidico
47	41.523		0.0000	0.00000	0.00000	Oleico
48	41.827		0.0000	0.00000	0.00000	Linolelaidico
49	42.970		0.0000	0.00000	0.00000	Linoleico
50	43.811		0.0000	0.00000	0.00000	Araquidico
51	44.745		0.0000	0.00000	0.00000	g-Linoleico
52	46.857		0.0000	0.00000	0.00000	cis-11-Eicosenoico
53	47.080		0.0000	0.00000	0.00000	Linolenico
54	47.548		0.0000	0.00000	0.00000	Heneicosanoico
55	49.254		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-11,14-Eicosadienoico
56	50.391		0.0000	0.00000	0.00000	Behenico
57	51.357		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-8,11,14-Eicosatrienoico
58	51.886		0.0000	0.00000	0.00000	Erucico
59	54.319		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-11,14,17-Eicosatrienoico
60	54.945		0.0000	0.00000	0.00000	Araquidonico
61	56.033		0.0000	0.00000	0.00000	Tricosanoico
62	58.699		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-13,16-Docosadienoico
63	60.382		0.0000	0.00000	0.00000	Lignocerico
64	67.644		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoico
65	67.667		0.0000	0.00000	0.00000	Nervonico
66	69.383		0.0000	0.00000	0.00000	Cis-4,7,10,13,16,19-Docosaenoico

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, T-13, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 10. **Cromatograma correspondiente al extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), obtenido con etanol al 95 %**



Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, T-13, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 11. **Base de datos para la identificación de componentes mayoritarios del extracto etanólico de la semilla del fruto del jocote del diablo (*Ximenia americana* L.), obtenido con etanol al 95 %**

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
1	0.809	BV S	0.0213	1.62103e5	15.81101	?
2	1.009	BV X	0.0180	149.26085	0.01456	?
3	1.257	VV T	9.76e-3	1665.81116	0.16248	?
4	1.309	VB S	0.0324	8.59227e5	83.80612	?
5	2.201	BV	0.0585	103.65988	0.01011	?
6	2.316	VB	0.0307	12.77030	0.00125	?
7	2.656	BB	0.0507	13.56802	0.00132	?
8	3.184	BB	0.0268	16.96233	0.00165	?
9	3.400	BV	0.0560	2.81477	0.00027	?
10	3.546	VB	0.0578	6.13118	0.00060	?
11	3.777	BB	0.0491	4.89159	0.00048	Butirico
12	4.086	BV	0.0488	4.46451	0.00044	?
13	4.208	VB	0.0511	11.45604	0.00112	?
14	4.738	BB	0.0527	32.40581	0.00316	?
15	5.043	BB	0.0540	5.65970	0.00055	Caproico
16	7.000		0.0000	0.00000	0.00000	Caprico
17	7.521	BB	0.0787	17.39028	0.00170	?
18	9.073		0.0000	0.00000	0.00000	Caprilico
19	16.845		0.0000	0.00000	0.00000	Undecanoico
20	20.667		0.0000	0.00000	0.00000	Laurico
21	24.263		0.0000	0.00000	0.00000	Tridecanoico
22	27.545		0.0000	0.00000	0.00000	Miristico
23	30.163	BB	0.0748	78.68588	0.00767	Miristoleico
24	31.702		0.0000	0.00000	0.00000	Pentadecanoico
25	34.428	BV	0.0678	18.24972	0.00178	Palmitico
26	34.634	VB	0.0808	1487.12988	0.14505	Cis-10-pentadecenoico
27	35.230	BB	0.0706	31.33397	0.00306	?
28	35.466	BB	0.0733	16.70227	0.00163	?
29	36.175	BB	0.0723	7.21587	0.00070	Palmitoleico
30	37.413	BB	0.0684	101.35906	0.00989	Heptadecanoico
31	39.219	BB	0.0720	39.89067	0.00389	Estearico
32	39.805	BB	0.0675	5.14173	0.00050	Cis-10-heptadecenoico
33	41.281		0.0000	0.00000	0.00000	Elaidico
34	41.523		0.0000	0.00000	0.00000	Oleico
35	41.827		0.0000	0.00000	0.00000	Linolelaidico

Continuación del anexo 11.

Peak #	RetTime [min]	Type	Width [min]	Area [pA*s]	Area %	Name
36	42.970	0.0000	0.00000	0.00000		Linoleico
37	43.781	BB	0.0899	23.70537	0.00231	Araquidico
38	44.316	BB	0.1025	14.16940	0.00138	g-Linoleico
39	46.857	0.0000	0.00000	0.00000		cis-11-Eicosenoico
40	47.080	0.0000	0.00000	0.00000		Linolenico
41	47.548	0.0000	0.00000	0.00000		Heneicosanoico
42	49.254	0.0000	0.00000	0.00000		Cis-11,14-Eicosadienoico
43	50.447	BB	0.1212	54.59404	0.00532	Behenico
44	51.357	0.0000	0.00000	0.00000		Cis-8,11,14-Eicosatrienoico
45	51.886	0.0000	0.00000	0.00000		Erucico
46	54.319	0.0000	0.00000	0.00000		Cis-11,14,17-Eicosatrienoico
47	54.945	0.0000	0.00000	0.00000		Araquidonico
48	56.033	0.0000	0.00000	0.00000		Tricosanoico
49	58.699	0.0000	0.00000	0.00000		Cis-13,16-Docosadienoico
50	60.382	0.0000	0.00000	0.00000		Lignocerico
51	67.644	0.0000	0.00000	0.00000		Cis-5,8,11,14,17-Ecicosapentaenoico
52	67.667	0.0000	0.00000	0.00000		Nervonico
53	69.383	0.0000	0.00000	0.00000		Cis-4,7,10,13,16,19-Docosaenoico

Fuente: Unidad de Análisis Instrumental, T-13, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 12. **Formulación de una crema dermatológica, empleando como agente cosmético activo los extractos etanólicos de la hoja y semilla del fruto de *Ximenia americana* L.**



Continuación del anexo 12.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5,  
Facultad de Ingeniería, USAC.

Continuación del anexo 12.



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, T-5, Facultad de Ingeniería, USAC. (Cremas elaboradas con el extracto de la hoja a la izquierda y elaboradas con extracto de la semilla del fruto a la derecha).

### Anexo 13. Análisis fisicoquímico de la crema dermatológica



Fuente: Laboratorio de Análisis Fisicoquímico, T-13, Facultad de Ingeniería y Departamento de Farmacia Industrial, T-12, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 14. **Informe de análisis microbiológico para la crema dermatológica E.45.H (Extracto etanólico de la hoja al 45 %)**

1 de 1



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos - LAFYM**  
3a. Calle 6-47, Zona 1  
Centro Histórico, Guatemala Ciudad  
Tel: 2253-1319  
Email: lafymusac@gmail.com

Empresa : **LUIS EMILIO GARCIA LAJ**  
N° de la muestra : **3602** (Protocolo firmado)  
Temperatura : **Ambiente**  
Muestra : **COSMETICO**  
Captación : **Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM**  
Nota : **FABRICACION: 27/02/18**

Fecha de toma de la muestra : **05/04/2018 09:50**  
Fecha de recepción : **05/04/2018 09:50**  
Número de lote : **CD.E45.H**

---

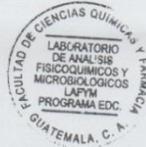
**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COSMÉTICOS**

ANÁLISIS	RESULTADO	DIMENSIONAL	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de mesófilos aerobios	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>3</sup>
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia

\*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano

**Conclusión:**  
La muestra recibida y analizada en el laboratorio cumple con los límites recomendados, por lo que se considera satisfactoria.

**Nomenclatura utilizada:**  
UFC/g    Unidades Formadoras de Colonia por gramo  
UFC/mL    Unidades Formadoras de Colonia por mililitro



Licda. Ana Rojas de García, QB.  
*[Firma]*  
Licda. Ana E. Rojas García  
QUÍMICA BIÓLOGA  
COL. 2323

Este Resultado se refiere unicamente a la muestra analizada.  
El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 15. Informe de análisis microbiológico para la crema dermatológica E.70.H (Extracto etanólico de la hoja al 70 %)

1 de 1



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos - LAFYM**  
3a. Calle 6-47, Zona 1  
Centro Histórico, Guatemala Ciudad  
Tel: 2253-1319  
Email: lafymusac@gmail.com

**Empresa : LUIS EMILIO GARCIA LAJ**      **Fecha de toma de la muestra : 05/04/2018 09:46**  
**N° de la muestra : 3601 (Protocolo firmado)**      **Fecha de recepción : 05/04/2018 09:45**  
**Temperatura : Ambiente**      **Número de lote : CD.E70.H**  
**Muestra : COSMETICO**  
**Captación : Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM**

---

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COSMÉTICOS**

ANÁLISIS	RESULTADO	DIMENSIONAL	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de mesófilos aerobios	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>3</sup>
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia

\*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP.Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano

**Conclusión:**  
**La muestra recibida y analizada en el laboratorio cumple con los límites recomendados, por lo que se considera satisfactoria.**

**Nomenclatura utilizada:**  
 UFC/g      Unidades Formadoras de Colonia por gramo  
 UFC/mL      Unidades Formadoras de Colonia por mililitro



Licda. Ana *Rodas* de García, QB.  
Jefatura

Licda. Ana E. Rodas García  
QUÍMICA BIÓLOGA  
COL. 2323

Este Resultado se refiere unicamente a la muestra analizada.  
 El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 16. **Informe de análisis microbiológico para la crema dermatológica E.95.H (Extracto etanólico de la hoja al 95 %)**

1 de 1



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos - LAFYM**  
3a. Calle 6-47, Zona 1  
Centro Histórico, Guatemala Ciudad  
Tel: 2253-1319  
Email: lafymusac@gmail.com

**Empresa : LUIS EMILIO GARCIA LAJ**      **Fecha de toma de la muestra : 05/04/2018 09:51**  
**N° de la muestra : 3603 (Protocolo firmado)**      **Fecha de recepción : 05/04/2018 09:51**  
**Temperatura : Ambiente**      **Número de lote : CD.E95.H**  
**Muestra : COSMETICO**  
**Captación : Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM**  
**Nota : FABRICACION: 28/02/18**

---

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COSMÉTICOS**

ANÁLISIS	RESULTADO	DIMENSIONAL	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de mesófilos aerobios	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>3</sup>
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia

\*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP.Limites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano

**Conclusión:**  
La muestra recibida y analizada en el laboratorio cumple con los límites recomendados, por lo que se considera satisfactoria.

**Nomenclatura utilizada:**  
 UFC/g      Unidades Formadoras de Colonia por gramo  
 UFC/mL      Unidades Formadoras de Colonia por mililitro



Licda. Ana Rojas de García, QB.  
Firma

Licda. Ana E. Rojas García  
QUÍMICA BIÓLOGA  
COL. 2323

Este Resultado se refiere unicamente a la muestra analizada.  
 El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 17. Informe de análisis microbiológico para la crema dermatológica E.45.F (Extracto etanólico de la semilla del fruto al 45 %)

1 de 1



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos - LAFYM**  
3a. Calle 6-47, Zona 1  
Centro Histórico, Guatemala Ciudad  
Tel: 2253-1319  
Email: lafymusac@gmail.com

**Empresa : LUIS EMILIO GARCIA LAJ**      Fecha de toma de la muestra : **27/02/2018 00:00**  
**N° de la muestra : 3949** (Protocolo firmado)      Fecha de recepción : **10/05/2018 08:50**  
**Temperatura : No aplica**      Número de lote : **CD.E45.F**  
**Muestra : COSMETICO**  
**Captación : Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM**  
**Nota : CREMA DERMATOLOGICA**

---

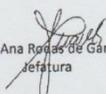
**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COSMÉTICOS**

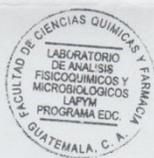
ANÁLISIS	RESULTADO	DIMENSIONAL	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de mesófilos aerobios	6.0 x 10 <sup>9</sup> UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>3</sup>
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia

\*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP.Limites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano

**Conclusión:**  
La muestra recibida y analizada en el laboratorio no cumple con los límites recomendados, por lo que se considera no satisfactoria.

**Nomenclatura utilizada:**  
 UFC/g      Unidades Formadoras de Colonia por gramo  
 UFC/mL      Unidades Formadoras de Colonia por mililitro

  
 Licda. Ana Rodas de García, Q.B.  
 Jefatura

  
 Licda. Ana E. Rodas García  
 QUÍMICA BIÓLOGA  
 COL. 2323

Este Resultado se refiere unicamente a la muestra analizada.  
 El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 18. Informe de análisis microbiológico para la crema dermatológica E.70.F (Extracto etanólico de la semilla del fruto al 70 %)

1 de 1



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos - LAFYM**  
3a. Calle 6-47, Zona 1  
Centro Histórico, Guatemala Ciudad  
Tel: 2253-1319  
Email: lafymusac@gmail.com

**Empresa : LUIS EMILIO GARCIA LAJ**      **Fecha de toma de la muestra : 10/04/2018 11:00**  
**N° de la muestra : 3629 (Protocolo firmado)**      **Fecha de recepción : 10/04/2018 10:04**  
**Temperatura : Ambiente**      **Número de lote : CD.E70.F**  
**Muestra : COSMETICO**  
**Captación : Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM**

---

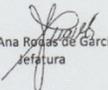
**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COSMÉTICOS**

ANÁLISIS	RESULTADO	DIMENSIONAL	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de mesófilos aerobios	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>3</sup>
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia

\*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP.Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano

**Conclusión:**  
La muestra recibida y analizada en el laboratorio cumple con los límites recomendados, por lo que se considera satisfactoria.

**Nomenclatura utilizada:**  
UFC/g      Unidades Formadoras de Colonia por gramo  
UFC/mL      Unidades Formadoras de Colonia por mililitro



Licda. Ana Rojas de García, QB.  
Jefatura



Licda. Ana E. Rojas García  
QUÍMICA BIÓLOGA  
COL. 2323

Este Resultado se refiere unicamente a la muestra analizada.  
 El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 19. **Informe de análisis microbiológico para la crema dermatológica E.95.F (Extracto etanólico de la semilla del fruto al 95 %)**

1 de 1



**USAC**  
TRICENTENARIA  
Universidad de San Carlos de Guatemala

**Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos - LAFYM**  
3a. Calle 6-47, Zona 1  
Centro Histórico, Guatemala Ciudad  
Tel: 2253-1319  
Email: lafymusac@gmail.com

**Empresa : LUIS EMILIO GARCIA LAJ**      **Fecha de toma de la muestra : 10/04/2018 11:00**  
**N° de la muestra : 3630 (Protocolo firmado)**      **Fecha de recepción : 10/04/2018 10:07**  
**Temperatura : Ambiente**      **Número de lote : CD.E95.F**  
**Muestra : COSMETICO**  
**Captación : Captado por personal ajeno a LAFYM en un envase que no es de LAFYM**

---

**ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE COSMÉTICOS**

ANÁLISIS	RESULTADO	DIMENSIONAL	RTCA 71.03.45:07
Recuento total de mesófilos aerobios	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>3</sup>
Recuento de Mohos y Levaduras	< 10 UFC/g	UFC/g	< 10 <sup>2</sup>
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Staphylococcus aureus</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ausencia	Sin dimensionales	Ausencia

\*Métodos de Referencia: Pharmacopea USP.Límites microbiológicos: RTCA/Reglamento técnico centroamericano

**Conclusión:**  
**La muestra recibida y analizada en el laboratorio cumple con los límites recomendados, por lo que se considera satisfactoria.**

**Nomenclatura utilizada:**  
 UFC/g      Unidades Formadoras de Colonia por gramo  
 UFC/mL      Unidades Formadoras de Colonia por mililitro

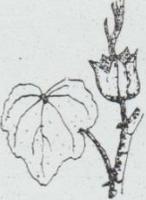
  
 Licda. Ana Rojas de García, QB.  
 Jefatura

  
 Licda. Ana E. Rojas García  
 QUÍMICA BIÓLOGA  
 COL. 2323

Este Resultado se refiere unicamente a la muestra analizada.  
 El informe de ensayo no debe ser reproducido total o parcialmente, sin la aprobación escrita del Laboratorio.

Fuente: datos experimentales, LAFYM, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Anexo 20. **Caracterización botánica de la especie *Ximenia americana* L.**



**HERBARIO BIGU**  
Escuela de Biología  
Facultad de C.C.Q.Q. y Farmacia

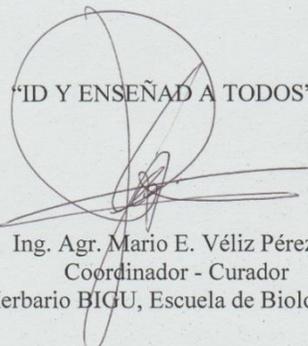
08 de Abril de 2016

A QUIEN INTERESE

Por este medio se hace constar que el estudiante Luis Emilio García Laj con carné 201213048 de la carrera de Ingeniería Química el cual deposito al herbario BIGU el espécimen de *Ximenia americana* L.; (**Familia OLACACEAE**) con el número de voucher **74358** el cual se ingreso al libro de inventario, por lo que solicitud del interesado, se le extiende la presente en el mismo lugar y fecha arriba indicados.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Mario E. Véliz Pérez  
Coordinador - Curador  
Herbario BIGU, Escuela de Biología

USAC, ZONA 12 • Guatemala, C.A. • Telefax: (502) 2476-9856 • 5994-7987 E-mail: marioveliz@yahoo.com

Fuente: Herbario BIGU, T-10, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.