



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

**“CARACTERIZACIÓN DE EXTRACTO Y TINTURA DE  
MACUY (*SOLANUM AMERICANUM MILLER*) COMO  
ANTIFÚNGICO CONTRA LA *CANDIDA ALBICANS*”**

**Claudia Annelize Morales de León**

Asesorado por: Inga. Telma Maricela Cano Morales  
Lic. Armando Cáceres

Guatemala, junio de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**“CARACTERIZACIÓN DE EXTRACTO Y TINTURA DE MACUY  
(*SOLANUM AMERICANUM MILLER*) COMO ANTIFÚNGICO  
CONTRA LA *CANDIDA ALBICANS*”**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**CLAUDIA ANNELIZE MORALES DE LEÓN**

ASESORADO POR: INGENIERA TELMA MARICELA CANO MORALES  
LICENCIADO ARMANDO CÁCERES

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE  
**INGENIERA QUÍMICA**

GUATEMALA, JUNIO DE 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Ing. José Rodolfo García
EXAMINADORA	Inga. Rosa María Girón Ruiz
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

Cumpliendo 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 DE EXTRACTO Y TINTURA DE MACUY  
(*SOLANUM AMERICANUM MILLER*) COMO ANTIFÚNGICO  
CONTRA LA *CANDIDA ALBICANS*”,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, el 19 de enero de 2006.

Claudia Annelize Morales de León



## **DEDICATORIA A:**

### **Dios**

Por ser mi luz, guía y fortaleza, cada día de mi vida.

### **A la Virgen María**

Por ser mi ejemplo fiel de mujer, siempre dispuesta a dar un sí verdadero a Dios.

### **Mi madre**

Sandra de León, por ser siempre mi ejemplo a seguir, por su amor y fortaleza en todos los aspectos de mi vida. Gracias mami, lo lograste.

### **Mi abuelita**

Lucila de de León, por su amor y apoyo en mi vida. Gracias abuelita.

### **Mi tía**

Guisela de León, por su amor, apoyo y consejos. Gracias tía.

## AGRADECIMIENTOS A :

<b>Dios</b>	Por permitirme haber llegado hasta aquí y ser lo que soy.
<b>Mi mamá</b>	Sandra de León, por haberme dado la vida y permitirme ser la mujer que soy, por ser mi ejemplo a seguir de lucha y superación, por ser, aparte de mi mamá, mi mejor amiga. Te quiero mami.
<b>Mi abuelita</b>	Por su ejemplo y consejo en el caminar de mi vida.
<b>Mi tía</b>	Por su apoyo y consejo mi vida y siempre estar allí cuando la he necesitado.
<b>Mi abuelito</b>	Manuel de León, que aunque ya no está con nosotros, su amor y ejemplo siempre me han acompañado en mi vida.
<b>Mi novio</b>	David Cerezo, por ser mi amigo, compañero de estudio y sobre todo, el amor de mi vida.
<b>Mis amigos y amigas</b>	A todos los que compartieron conmigo su apoyo a lo largo de mi carrera, así como muchos momentos que recordaré y por brindarme el mejor tesoro, su amistad.

**La Inga. Telma Cano** Por su amistad y colaboración en la realización de este trabajo de graduación.

**El Lic.Armando Cáceres** Por su apoyo y amistad en la realización de este trabajo de graduación.

**Farmaya** En especial a todos los que me regalaron su amistad.

Todos los que mencionarlos sería interminable pero que sin su ayuda y amistad no lo hubiera logrado.



# ÍNDICE GENERAL

<b>ÍNDICE DE ILUSTRACIONES</b>	VII
<b>LISTA DE SÍMBOLOS</b>	XV
<b>GLOSARIOS</b>	XVII
<b>RESUMEN</b>	XXI
<b>OBJETIVOS</b>	XXIII
<b>HIPÓTESIS</b>	XXV
<b>INTRODUCCIÓN</b>	XXVII
<b>1. ANTECEDENTES</b>	
	1
<b>2. MARCO TEÓRICO</b>	3
2.1 Fitoterapia	3
2.2 Materias primas vegetales para productos fitoterapéuticos	4
2.2.1 Recolección	5
2.2.2 Procesamiento poscosecha	6
2.2.3 Almacenamiento	7
2.3 Preparaciones fitofarmacéuticas	8
2.4 Extractos	9
2.4.1 Extracción líquido-vapor	9
2.4.1.1 Destilación	10
2.4.1.2 Extracción por Soxhlet	10
2.4.2 Extracción sólido – líquido	10
2.4.2.1 Maceración	11
2.4.2.2 Percolación o lixiviación	12
2.4.3 Variables de proceso extractivo	14
2.4.3.1 División de droga	14

2.4.3.2	Agitación	14
2.4.3.3	Temperatura	14
2.4.3.4	pH	14
2.4.3.5	Naturaleza del solvente	15
2.4.4.6	Tiempo de extracción	15
2.4.4	Tipos de extracto	15
2.4.4.1	Extracto fluido	15
2.4.4.2	Extracto blando	16
2.4.4.3	Extracto seco	16
2.4.4.4	Extracto purificado	16
2.4.4.5	Extracto glicólico	16
2.5	Tinturas	17
2.5.1	Tintura madre	17
2.5.1.1	Preparación de tintura madre	18
2.6	Características macroscópicas	20
2.6.1	Drogas constituidas por hojas	20
2.6.2	Drogas constituidas por fruto	21
2.7	Caracterización química	21
2.7.1	Características organolépticas	22
2.7.2	Características fotoquímicas	22
2.7.3	Constituyentes	23
2.7.4	Identificación química	24
2.7.4.1	Principios activos	24
2.7.4.2	Marcadores activos	25
2.7.4.3	Marcadores analíticos	26
2.7.4.4	Marcadores negativos	26
2.7.5	Determinación cualitativa de metabolitos secundarios	26
2.7.5.1	Alcaloides	26
2.7.5.2	Saponinas	27

2.7.5.3	Taninos	28
2.7.6	Cromatografía en capa fina	29
2.8	Antiespumantes	30
2.8.1	Composición del antiespumante	34
2.8.2	Tipos de antiespumante	36
2.8.3	Octanol	37
2.9	Monografía de la droga vegetal	38
2.9.1	Nombre científico	38
2.9.2	Nombre popular	38
2.9.3	Sinónimos	38
2.9.4	Historia	38
2.9.5	Distribución geográfica y hábitat	38
2.9.6	Obtención	38
2.9.7	Descripción botánica	38
2.9.8	Características microscópicas	41
2.9.9	Usos medicinales atribuidos	49
2.9.10	Usos populares	49
2.9.11	Composición química	50
2.9.12	Farmacología	50
2.9.12.1	Experimental	50
2.9.13	Farmacognosia	50
2.9.14	Toxicología	52
2.9.15	Indicaciones terapéuticas	52
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA</b>	<b>55</b>
3.1	Localización	55
3.2	Recursos humanos	55
3.3	Recursos materiales	56
3.3.1	Equipo	56

3.3.2	Cristalería	59
3.3.3	Reactivos	60
3.4	Metodología experimental	61
3.4.1	Diseño del tratamiento	61
3.4.2	Manejo Experimental	61
3.4.2.1	Preparación de la muestra	61
3.4.2.2	Determinación de mejor solvente	62
3.4.2.3	Determinación de sólidos extraíbles	63
3.4.2.4	Determinación de porcentaje de humedad	64
3.4.2.5	Determinación de cenizas totales	65
3.4.2.6	Preparación de tintura y extractos	65
3.4.2.7	Determinación de densidad	66
3.4.2.8	Determinación de pH	67
3.4.2.9	Determinación de alcaloides	67
3.4.2.10	Determinación de saponinas	69
3.4.2.11	Cuantificación de saponinas	71
3.4.2.12	Determinación de taninos	73
3.4.2.13	Análisis microbiológico	73
3.4.2.14	Determinación de coliformes totales	77
3.4.2.15	Determinación de coliformes fecales	78
3.4.2.16	Determinación de <i>E. coli</i>	80
3.4.2.17	Concentración inhibitoria mínima	80
3.5	Análisis estadístico	83
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>87</b>
<b>5.</b>	<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>101</b>
5.1	Materia extraña	101
5.2	Análisis de cenizas	102

5.3	Análisis de humedad	102
5.4	Análisis de pH	103
5.5	Análisis de densidad	103
5.6	Análisis de sólidos totales	103
5.7	Cromatografía en capa fina	104
5.8	Cuantificación de saponinas	104
5.9	Análisis microbiológico	105
5.10	Antiespumantes	105
5.11	Factores concluyentes	106
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>105</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>107</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBILOGRÁFICAS</b>	<b>109</b>
<b>9.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>111</b>
	Apéndice A: Datos originales	112
	Apéndice B: Muestra de cálculo	117
	Apéndice C: Datos calculados	122



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

<b>1</b>	Percolador	13
<b>2</b>	Estabilización de burbujas en agua conteniendo humedad	31
<b>3</b>	Aproximación de las burbujas por causa del efecto drenaje	32
<b>4</b>	Distorsión de las capas esféricas respecto a una forma geométrica octaédrica	33
<b>5</b>	Aproximación de las monocapas y repulsión electrostática	34
<b>6</b>	Destrucción de la doble capa con partículas hidrófobas	36
<b>7</b>	Octanol	37
<b>8</b>	Macuy en estado silvestre, hoja, tallo, flor y fruto	39
<b>9</b>	Siluetas de hoja	40
<b>10</b>	Arquitectura foliar	41
<b>11</b>	Epidermis adaxial	41
<b>12</b>	Epidermis abacial	42
<b>13</b>	Representación esquemática de la rama en corte transversal	42
<b>14</b>	Detalle de la rama	43
<b>15</b>	Representación esquemática del pecíolo en corte transversal	43
<b>16</b>	Detalle del pecíolo	44
<b>17</b>	Representación esquemática del tallo en corte transversal	44
<b>18</b>	Detalle del tallo	45

<b>19</b>	Representación esquemática de la fruta	45
<b>20</b>	Epidermis de la fruta	46
<b>21</b>	Detalle del pericarpio	46
<b>22</b>	Simple, tricomes pluricelular, protuberancias marcadas	47
<b>23</b>	Cristales de oxalato de calcio, fibras suaves	47
<b>24</b>	$\alpha$ -solanina	50
<b>25</b>	Cantalosaponina	50
<b>26</b>	Equipo de laboratorio	55
<b>27</b>	Equipo de laboratorio	56
<b>28</b>	Equipo de laboratorio	56
<b>29</b>	Cristalería	57
<b>30</b>	Cristalería	58
<b>31</b>	Probabilidad de función densidad para las tinturas 1:5 y 1:10, de la muestra de <i>Solanum americanum</i>	90
<b>32</b>	Probabilidad de la función densidad para los extractos de la muestra de <i>Solanum americanum</i>	91
<b>33</b>	Probabilidad de función pH para las tinturas 1:5 y 1:10, de la muestra de <i>Solanum americanum</i>	92
<b>34</b>	Probabilidad de la función pH para los extractos de la muestra de <i>Solanum americanum</i>	93
<b>35</b>	Probabilidad de función sólidos total para las tinturas 1:5 y 1:10, de la muestra de <i>Solanum americanum</i>	94
<b>36</b>	Probabilidad de la función sólidos totales para los extractos de la muestra de <i>Solanum americanum</i>	95



<b>37</b>	Probabilidad de función cuantificación de saponinas para las tinturas 1:5 y 1:10, de la muestra de <i>Solanum americanum</i>	96
<b>38</b>	Probabilidad de la función cuantificación de saponinas para los extractos de la muestra de <i>Solanum americanum</i>	97

## TABLAS

I.	Forma de recolección según la parte de la planta a utilizar	6
II.	Escala de representación microscópica	48
III.	Categorías de drogas crudas vegetales según tenor microbiano de acuerdo a criterios OMS	73
IV.	Determinación para calcular en número más probable	74
V.	Expresión de resultados para la presencia de coliformes	76
VI.	Expresión de resultados para la presencia de coliformes fecales	78
VII.	Expresión de resultados para la presencia de <i>Escherichia coli</i>	79
VIII.	Datos requeridos para “a” tratamientos y “n” repeticiones	82
IX.	Tabla de ANDEVA	82
X.	Calidad de materia prima	85
XI.	Análisis fisicoquímico	85
XII.	Análisis fitoquímico	86
XIII.	Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de <i>Solanum americanum</i>	87

XIV.	Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechas de <i>Solanum americanum</i>	87
XV.	Cuantificación de saponinas presente en tinturas hechas de <i>Solanum americanum</i>	88
XVI.	Cuantificación de saponinas presentes en extractos hechos de <i>Solanum americanum</i>	88
XVII.	Análisis microbiológico	89
XVIII.	Actividad contra <i>Candida albicans</i>	89
XIX.	Valores de F para la evaluación de la densidad de las tinturas 1:5 y 1:10, de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	90
XX.	Valores de F para la evaluación de la densidad de los extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	91
XXI.	Valores de F para la evaluación de pH de las tinturas 1:5 y 1:10, de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	92
XXII.	Valores de F para la evaluación de pH de los extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	93
XXIII.	Valores de F para la evaluación de sólidos totales de las tinturas 1:5 y 1:10, de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	94
XXIV.	Valores de F para la evaluación de sólidos totales de los extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	95
XXV.	Valores de F para la evaluación de cuantificación de saponinas de las tinturas 1:5 y 1:10, de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	96
XXVI.	Valores de F para la evaluación de cuantificación de saponinas de los extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	97
XXVII.	Determinación de mejor solvente	111
XXVIII.	Peso en gramos de la cápsula con las cenizas de la materia prima de <i>Solanum americanum</i>	111
XXIX.	Peso en gramos del contenido de materia extraña	112

XXX.	Datos originales para la obtención de porcentaje de humedad	112
XXXI.	Datos originales para la obtención de densidad para tinturas de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	112
XXXII.	Datos originales para la obtención de densidad para extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	113
XXXIII.	Datos originales para la obtención de pH para tinturas de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	113
XXXIV.	Datos originales para la obtención de pH para extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	113
XXXV.	Datos originales para la obtención de sólidos totales, para tinturas de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	114
XXXVI.	Datos originales para la obtención de sólidos totales, para extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	114
XXXVII.	Absorbancia para las tinturas 1:5 y 1:10, para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	115
XXXVIII.	Absorbancia para los extractos para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	115
XXXIX.	Porcentaje en peso de la cenizas de la materia prima de <i>Solanum americanum</i>	121
XL.	Porcentaje de humedad de la materia prima de <i>Solanum americanum</i>	121
XLI.	Valores de densidad en g/mL de las tinturas 1:5 y 1:10, para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	122
XLII.	Valores de densidad en g/mL de las extractos para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	122
XLIII.	Valores de pH de las tinturas 1:5 y 1:10, para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	122
XLIV.	Valores de pH de las extractos para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	123

XLV.	Valores para la obtención de sólidos totales de las tinturas 1:5 y 1:10, para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	123
XLVI.	Valores para la obtención de sólidos totales de los extractos para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	124
XLVII.	Absorbancia de las tinturas 1:5 y 1:10, para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	124
XLVIII.	Absorbancia de las tinturas 1:5 y 1:10, para las muestras de <i>Solanum americanum</i>	124
XLIX.	Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de <i>Solanum americanum</i>	125
L.	Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechas de <i>Solanum americanum</i>	126
LI.	Tabla de ANDEVA para la evaluación de la densidad de las tinturas 1:5 y 1:10, de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	127
LII.	Tabla de ANDEVA para la evaluación de la densidad de los extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	127
LIII.	Tabla de ANDEVA para la evaluación de pH de las tinturas 1:5 y 1:10, de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	128
LIV.	Tabla de ANDEVA para la evaluación de pH de los extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	128
LV.	Tabla de ANDEVA para la evaluación de sólidos totales de las tinturas 1:5 y 1:10, de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	128
LVI.	Tabla de ANDEVA para la evaluación de sólidos totales de los extractos de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	129
LVII.	Tabla de ANDEVA para la evaluación de cuantificación de saponinas de las tinturas 1:5 y 1:10, de las muestras de <i>Solanum americanum</i>	129
LVIII.	Tabla de ANDEVA para la evaluación de cuantificación	130

de saponinas de los extractos de las muestras de  
*Solanum americanum*



## LISTADO DE SÍMBOLOS

<b>SÍMBOLO</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
%	Porcentaje
°C	Grados de temperatura Celsius
R	Revoluciones
mL	Mililitros
min	Minutos
g	Gramos
dL	Decilitros
cm	Centímetros
mm	Milímetros
HCl	Ácido Clorhídrico
M	Molar





## GLOSARIO

<b>Antifúngico</b>	Relativo a sustancias que destruyen los hongos o inhiben su crecimiento y reproducción.
<b>Antiespumantes</b>	Son compuestos que inhiben el crecimiento de las burbujas en una solución.
<b>Citoplasma</b>	Protoplasma en el exterior del núcleo celular.
<b>Condensación</b>	Fenómeno en el que pasa del estado gaseoso al estado líquido.
<b>Difusión</b>	Mezcla gradual de las moléculas en virtud de sus propiedades cinéticas.
<b>Droga vegetal</b>	Son las plantas, partes de las plantas, algas, hongos o líquenes enteros, fragmentados o cortados sin procesar, generalmente desecados.

<b>Evaporación</b>	Proceso en el que un líquido se transforma en gas.
<b>Extracto</b>	Preparaciones concentradas de consistencia líquida, sólida o intermedia obtenida normalmente de materia vegetal.
<b>Fitoterapia</b>	Es la ciencia que estudia la utilización de los productos de origen vegetal con finalidades terapéuticas, ya sea para prevenir, para atenuar o para curar un estado patológico.
<b>Hidrófilo</b>	Atraído por el agua.
<b>Hidrófobas</b>	Que repele el agua.
<b>Humedad</b>	Contenido de agua en un material.
<b>Maceración</b>	Introducción de la planta en agua durante varios días.
<b>Medicamento fitoterapéutico</b>	Son aquéllos cuyos ingredientes activos están constituidos exclusivamente por productos de origen vegetal
<b>Momento dipolar</b>	Producto de la carga por la distancia entre las cargas de una molécula.

<b>Percolación</b>	Consiste en que la droga se pone en contacto con el principio activo en un sistema cilíndrico con grifo en la salida.
<b>pH</b>	Valor que representa convencionalmente la concentración de iones hidrógeno de una solución acuosa.
<b>Planta medicinal</b>	Es cualquier planta, que en uno o más de sus órganos, contiene sustancias que pueden ser utilizadas con finalidad terapéutica.
<b>Principio activo</b>	Son las sustancias responsables de la acción farmacológica.
<b>Protoplasma</b>	Toda la sustancia viviente de una célula.
<b>Saponinas</b>	Derivados terpénicos que agitados en el agua producen espuma semejante al jabón, reduciendo de esta manera la tensión superficial de la solución.
<b>Solvente</b>	Es aquella sustancia que se encuentre en mayor proporción en una dilución.
<b>Tejido vegetal</b>	Grupo de células similares organizadas para llevar a cabo una función.

**Termolábiles**

Susceptible a los cambios de temperatura.

**Tisanas**

Son todas aquellas preparaciones acuosas que aprovechan el poder extractivo que el agua posee.

## RESUMEN

Siendo Guatemala un país rico en flora y fauna, y parte de un amplio legado de conocimientos acerca de las plantas medicinales, la industria fitofarmacéutica ha tomado en la actualidad gran auge, ya que brinda soluciones a enfermedades a un costo menor.

Es por ésto, que en este trabajo se planteó la caracterización del extracto y tintura del macuy (***Solanum americanum***) a nivel de laboratorio, determinándose las propiedades fisicoquímicas: densidad, pH, sólidos totales, y las propiedades fitoquímicas como alcaloides, saponinas y taninos de las tinturas 1/5 y 1/10 así como en extracto fluido, blando, duro y seco.

Al realizar los análisis fisicoquímicos se pudo determinar que existe una variación significativa en las propiedades físicas (densidad, pH, sólidos totales) entre tintura y extractos, los cuales son proporcionales a su concentración. El análisis fitoquímico presenta, que tanto las tinturas como los extractos, no poseen presencia de alcaloides y sí poseen saponinas, ahora bien como el compuesto activo es la  $\alpha$ -solanina, era necesario cuantificar la cantidad de saponinas presentes en la muestra, por lo que se llegó a determinar que la cantidad de saponinas es proporcional a la concentración del extracto o tintura analizada.

A la vez, se determinó la acción antifúngica tanto del extracto como de la tintura, ya que a este género de *Solanum americanum* se le atribuye actividad fungicida contra *Candida albicans*, pero las pruebas realizadas determinaron

que este género no presenta actividad a pesar de que la proporción de saponinas es alta.

## OBJETIVOS

### § General

Caracterizar el extracto y tintura de macuy (***Solanum americanum***), como antifúngico contra la *Candida albicans*, buscando de tal manera el aprovechamiento de ésta para generar alternativas en el uso de los productos naturales y abrir así expectativas a nivel industrial.

### § Específicos

1. Establecer la acción fungicida de la tintura y extracto de macuy (***Solanum americanum***) ante la *Candida albicans*.
2. Cuantificar la cantidad de saponinas presente en las tinturas y extractos, comparándolas en función de su concentración.
3. Determinar el pH, densidad y sólidos totales para cada extracto y tintura realizado, de tal manera que se pueda establecer estadísticamente variaciones significativas.
4. Verificar la presencia de alcaloides, saponinas y taninos por medio de cromatografía de capa fina para cada extracto y tintura.
5. Determinar el porcentaje de humedad y cenizas para caracterizar la planta como droga vegetal.





## HIPÓTESIS

Es factible que los extractos producidos a nivel de laboratorio presenten características fisicoquímicas que se correlacionen contra la actividad antifúngica.

### Hipótesis estadística

**Ho:** La concentración de los sólidos extraíbles de los extractos fluido, blando duro y seco, así como de las tinturas de *Solanum americanum* no tienen relación con la actividad antifúngica.

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$$

**Hi:** La concentración de los sólidos extraíbles de los extractos fluido, blando duro y seco, así como de las tinturas de *Solanum americanum*, tienen relación con la actividad antifúngica.

$$\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3$$



## INTRODUCCIÓN

La utilización de plantas medicinales se ha practicado en todas las culturas desde los tiempos más remotos, para la preparación de medicamentos naturales.

Guatemala es heredera y portadora de un legado extenso de conocimientos sobre los usos medicinales de las plantas, combinado con la diversidad climática y florística que éste posee, es posible estudiar diversas especies con características químicas específicas, las cuales pueden ser aprovechadas comercialmente tanto en el mercado interno como externo, ya sea como materia prima o producto procesado.

Por lo anterior, en este trabajo se planteó la caracterización del extracto y tintura del macuy (***Solanum americanum***) a nivel de laboratorio, determinándose las propiedades fisicoquímicas de las tinturas 1/5 y 1/10, así como en extracto fluido, blando, duro y seco. A la vez, se determinó la acción antifúngica, tanto del extracto como de la tintura, ya que a este género de *Solanum* se le atribuye actividad fungicida contra *Candida albicans*.

## 1. ANTECEDENTES

Existen diversos estudios por su actividad antifúngica para el ***Solanum nigrescens*** y a su vez del ***Solanum americanum***, entre ellos están:

1. “*Plants used in Guatemala for Treatment of gastrointestinal disorders, Screening of 84 plants against enterobacteria*” estudio realizado por: Armando Cáceres, Orlando Cano, Blanca Samayoa y Leila Aguilar. Este estudio se basa en los desórdenes gastrointestinales que causan la muerte a la población de Guatemala estudiando 84 de las plantas más comunes que se utilizan para esto y determinando que tan efectivas son con pruebas in vitro ante 5 enterobacterias patógenas del hombre, en donde el ***Solanum americanum*** presento inhibición negativa ante ***Escherichia coli***, ***Salmonella typhi***, ***Shigella flexneri***.
2. Se han realizado también estudios sobre la actividad fungicida del extracto ***Solanum nigrescens*** ante la ***Candida albicans***, dando como resultado que este extracto si tiene actividad fúngica, este estudio fue realizado por: Gerard Cooney, Helen Bucley, Tishara Brickus y Armando Cáceres. Los señores Orlando Escobar, Julián Montenegro, Lidia Girón, Gustavo Aguilar y Armando Cáceres realizaron un estudio a una muestra de pacientes del hospital Roosevelt para tratamiento de la vaginitis candidal utilizando para esto ***Solanum nigrescens*** en donde se encontró que esta planta es efectiva para este tratamiento.

Por lo anterior se observa que la mayoría de los estudios realizados son para la especie ***Solanum nigrescens*** por lo que caracterizar el ***Solanum americanum*** facilitaría su utilización a nivel industrial.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Fitoterapia

A lo largo de los años, los hombres fueron acumulando un saber no sólo de su experiencia y de su íntimo contacto con la naturaleza, sino también de su convivencia con otras culturas; una parte importante de este saber lo constituyen el uso de las hierbas medicinales. La utilización de estas se remonta a la edad de piedra; hombres de todas las eras han tenido algún conocimiento y mostraron gran interés por ellas. Documentos e inscripciones de Babilonia, Egipto, India, China, Grecia y Roma hacen referencia sobre las plantas con propiedades curativas, muchas de las cuales son empleadas por la medicina moderna.

La fitoterapia es la ciencia que estudia la utilización de los productos de origen vegetal con finalidades terapéuticas, ya sea para prevenir, para atenuar o para curar un estado patológico (14). La base de los medicamentos fitoterapéuticos son las drogas vegetales y los diferentes tipos de productos que de ellas se obtiene, pero el término de droga vegetal no debe confundirse con el de planta medicinal ya que una planta medicinal (14) y una droga vegetal son las plantas, partes de las plantas, algas hongos o líquenes enteros, fragmentados o cortados sin procesar generalmente desecados (14).

Así bien los medicamentos fitoterapéuticos son aquellos cuyos ingredientes activos están constituidos exclusivamente por productos de origen vegetal, que deberán ser convenientemente preparados, dándoles la forma farmacéutica más adecuada para su administración. Por lo que para la elaboración de medicamentos fitoterápicos se puede emplear principalmente:

- § Drogas vegetales, que generalmente se presentarán troceadas o pulverizadas.
- § Productos obtenidos por extracción.
- § Principios activos purificados, que son aquellos compuestos químicos de estructura relativamente compleja, que ejercen una acción farmacológica sobre el ser humano o los seres vivos, a los que se les debe los efectos tóxicos y las propiedades terapéuticas que los caracterizan.

Es por esto que la Fitoterapia utiliza, por tanto, drogas vegetales, extractos de dichas drogas o principios activos aislados de las mismas, para obtener productos que deberán ser convenientemente preparados dándoles la forma farmacéutica más adecuada.

## **2.2 Materias primas vegetales para productos fitoterapéuticos**

En un cultivo de plantas medicinales lo más importante es la cantidad de principios activos presentes en la planta, la calidad y productividad de este son determinados por factores genéticos, ontogénicos y ambientales.

Con respecto a las características biológicas y agronómicas, las plantas se clasifican en cuatro categorías: anuales frágiles, anuales duras, perennes frágiles y perennes duras. Las plantas anuales se siembran cada año, aunque si las condiciones lo permiten puede existir una autogerminación y así la continuidad de la planta y las plantas perennes pueden vivir varios años siendo la base del huerto.

Otros aspectos como el agua, que es vital para el crecimiento de todos los seres vivos, aunque algunas plantas necesita más que otras, por lo que debe buscarse un equilibrio, la luz es otro factor ya que algunas plantas necesitan luz directa del sol mientras que otras se desarrollan bien a la sombra, por ultimo la temperatura factor que influye de manera importante

en el desarrollo de la planta, por lo que debe conocerse la temperatura ideal de cultivo de esta. (4)

El factor ontogénico es necesario tenerlo en cuenta ya que la concentración y la composición de los principios activos varían de acuerdo a la edad y el nivel de desarrollo de la planta, además los principios activos se localizan preferencialmente en determinadas partes u órganos de la planta, en lugar de distribuirse uniformemente por la planta entera.

### **2.2.1 Recolección**

Para cada planta medicinal existe un momento adecuado para realizar su recolección, la determinación de los principios activos permite establecer con exactitud el tiempo correcto de recolección ya que en algunas plantas se aprovecha toda y en otras únicamente las flores, hojas, frutos, corteza, raíz y rizoma. Por lo que para determinar el momento adecuado de recolección se presenta la presente tabla en donde se muestra los momentos más indicados de recolección dependiendo de la parte de la planta a utilizar.



**Tabla I. Forma de recolección según la parte de la planta a utilizar**

<b>Parte</b>	<b>Forma de recolección</b>
Flores	De acuerdo con la época de floración (estacional) en luna nueva por la mañana.
Hojas	En plantas con aceite esencial al inicio de la floración, en plantas con alcaloides durante la floración, en plantas con saponinas durante la maduración de los frutos en luna creciente por la mañana.
Raíces	De plantas adultas después de la fructificación, en luna llena por la tarde.
Frutos/semillas	De acuerdo con la época de fructificación, e luna llena por la tarde.
Corteza	De árboles adultos durante o después de la floración, en luna llena por la tarde y en época húmeda.

Fuente: Cáceres y Girón, **Técnicas básicas para el cultivo y procesamiento de plantas medicinales**, pp: 136

### **2.2.2 Procesamiento poscosecha**

El procesamiento poscosecha tiene como objetivo la conservación de las características físicas, químicas, organolépticas y farmacológicas de la droga vegetal.

La primera etapa del procesamiento poscosecha involucra el examen y la separación manual de las partes deterioradas, manchadas y con señales de ataques por insectos y/o hongos, como siguiente etapa se recomienda lavar la droga con agua potable y, en seguida desinfectarla con una solución de hipoclorito de sodio o calcio, reduciendo de esta manera la carga bacteriana, al tener la planta ya limpia procede la etapa más importante del procesamiento pos cosecha, el secado.

El contenido de humedad en las plantas frescas varía de 60% - 80%, en el proceso de secado se reduce este contenido a 5-12%,

pero esto depende según el órgano, pues las pérdidas de peso para las hojas son de 20-75%, corteza 40-65%, tallo 30-70%, raíces 25-80% y flores 15-80%.

El secado interrumpe los procesos de degradación causados por enzimas o fermentos, impide el desarrollo de microorganismos y la reacción de oxidación y de hidrólisis. Sin embargo, como este proceso involucra calor pueden presentarse pérdidas de aceites esenciales y de sustancias volátiles, así como el riesgo de degradación de las sustancias termolábiles. La mayoría de las plantas medicinales pueden ser secadas a temperaturas que varían entre 30 y 60°C garantizando una buena circulación de aire para facilitar el proceso de secado.

La manera como se realizará el secado debe determinarse experimentalmente ya que un secado muy lento puede causar alteraciones perjudiciales antes de que el proceso se haya terminado, a causa de la acción de enzimas, hongos y bacterias y un proceso de secado muy rápido endurece la capa superficial de las células e impide la evaporación del agua que esta dentro del órgano, propiciando la acción de enzimas en su interior, produciendo una pésima presentación comercial.

### **2.2.3 Almacenamiento**

Aunque se hayan tenido grandes cuidados durante la recolección y el proceso de secado, las plantas pierden principios activos por degradación durante el almacenamiento, aunque el período recomendado para almacenar las hojas y las sumidades floridas se de 12 a 18 meses y para las cortezas y raíces de 12 a 36 meses, algunas plantas pierden sus principios activos más rápidamente, por lo que las condiciones de almacenamiento deben de

impedir que el producto tenga contacto con el sol, polvo, roedores, insectos y otros factores de degradación impidiendo la pérdida de los principios volátiles. Es por esto que si el volumen a guardar es pequeño este puede hacerse en botes limpios con tapadera con rosca y si son volúmenes mayores en barriles de plástico, cartón piedra o fibra de vidrio oscuros, con tapadera con rosca o bien cierre de plástico con argolla de metal. Estos deben de ser rotulados con nombre, parte de la planta, fecha de ingreso, nombre del proveedor, lugar de procedencia.

### **2.3 Preparaciones fitofarmacéuticas**

Los principios activos contenidos en las plantas pueden ser extraídos mediante diversas técnicas, dependiendo del tipo de planta que se va emplear, concentración de principios activos y propiedades farmacológicas.

Dependiendo del propósito al que se destine, se puede obtener en extracto cuya composición química contiene la mayor parte de los constituyentes químicos de las plantas, esto dependerá de la naturaleza del solvente, ya sea altamente polar o de una menor polaridad dependiendo de lo que se desee extraer.

Como la materia prima a utilizar esta seca, el papel del disolvente es penetrar en las células vegetales y expeler el aire contenido en el citoplasma, iniciando con esto el proceso extractivo, esto induce un momento dipolar en las moléculas de los compuestos que van a ser extraídos, siendo de esta manera la forma en que las sustancias extraíbles se adhieren al compuesto. En la mayoría de los casos los disolventes más utilizados son el agua y el alcohol etílico, pero generalmente lo que se usa es una mezcla hidro-alcohólica.

Las extracciones dependen de varios factores para que se puedan llevar a cabo:

1. Cantidad de agua, puesto que a mayor cantidad de esta mayor será el agotamiento de los principios activos.
2. La temperatura ya que en algunos casos es necesario trabajar con temperaturas de hasta 100°C y en otros casos es necesario trabajar con temperaturas bajas, dependiendo del principio activo a extraer.
3. El tiempo puesto que la duración de contacto de la planta con el disolvente determinará la extracción ya que a mayor tiempo de contacto mejor tiempo de extracción.
4. La molienda de la planta, ya que una extracción con fragmentos gruesos sería incompleta, debido a la pobre penetración del disolvente en el tejido vegetal, por lo que una planta previamente dividida, tales membranas se encuentran parcialmente dividida facilitando la disolución de los constituyentes celulares en el líquido.

## **2.4 Extractos**

Los extractos son preparaciones concentradas de consistencia líquida, sólida o intermedia, obtenidos normalmente a partir de materia vegetal o animal desecada.

En la extracción propiamente dicha se lleva a cabo una separación de porciones biológicamente activas de componentes inertes o inactivos a través de un disolvente elegido y un proceso de extracción seleccionado los cuales puede ser por medio de operaciones de extracción como:

- Extracción líquido – vapor
- Extracción sólido – líquido

### **2.4.1 Extracción líquido – vapor**

Se denomina a la separación de componentes entre una fase vapor y una fase líquida, entre estos métodos se tiene:

#### **2.4.1.1 Destilación**

Método que se utiliza para separar los componentes de una solución líquida, el cual depende de los componentes entre una fase de vapor y una fase líquida. Ambos componentes están presentes en las dos fases (8). La fase vapor se origina en la fase líquida por vaporización en el punto de ebullición. La destilación puede llevarse a cabo por medio de un evaporador rotativo en donde se lleva a cabo una condensación de disolvente mediante el uso de un matraz de evaporación rotativo.

#### **2.4.1.2 Extracción por Soxhlet**

Es un aparato de extracción semicontinua, pues en una de las fases el sustrato se agrega sólo al principio, mientras que el disolvente de extracción cumple un ciclo de extracción y purificación continua. La purificación se realiza en forma paralela por destilación del disolvente, de manera que el sustrato siempre está en contacto con el disolvente puro; se utiliza cuando es necesaria una extracción exhaustiva de la droga. Es útil en escala de laboratorio, a pesar de que la extracción no tenga una alta eficiencia, pues la regeneración del disolvente se realiza automáticamente evitando excesivos manipuleos. (9)

#### **2.4.2 Extracción sólido – líquido**

Se denomina a la separación preferencial de uno o más componentes de una mezcla sólida por disolución en un disolvente líquido.

En la industria farmacéutica los dos procedimientos de extracción básicos son maceración y percolación

#### **2.4.2.1 Maceración**

El proceso de maceración consiste en poner en contacto la droga de un tamaño moderadamente grueso o semifino con el disolvente establecido, durante varios días. Se trata de un proceso que da como resultado un equilibrio de concentración entre la droga y el disolvente, el rendimiento del extracto disminuye cuando la relación droga/disolvente aumente.

El hinchamiento de la droga es un factor de gran importancia, porque aumenta la permeabilidad de la pared celular y la difusión del disolvente, a la vez la velocidad con que se obtiene el equilibrio está en función del tamaño de partícula de la droga molida, del hinchamiento de las células y las propiedades del disolvente.

El proceso clásico de maceración denominado maceración simple consiste en dejar la droga en contacto con el disolvente durante varios días, con agitación ocasional, este proceso es un proceso muy lento, por lo que para abreviar el tiempo de operación la droga y el disolvente deben de mantenerse en movimiento constante, este procedimiento es conocido como maceración dinámica.

Por lo que como norma se macera la droga por siete días con agitación frecuente y protegida de la luz solar. Concluido el tiempo de maceración se separa el extracto del residuo por medio de un colado o prensado, se lava el residuo con el líquido de extracción y ambos

líquidos se llevan al contenido de masa preestablecido.

La turboextracción es un tipo de maceración modificada. El tiempo de maceración en esta extracción se acorta muchísimo debido al tipo de movimiento de agitación que se utiliza, así como trabajar a temperaturas hasta de 20°C por sobre la ambiente(9). Este aumento de temperatura lleva a la obtención de sustancias activas más impuras.

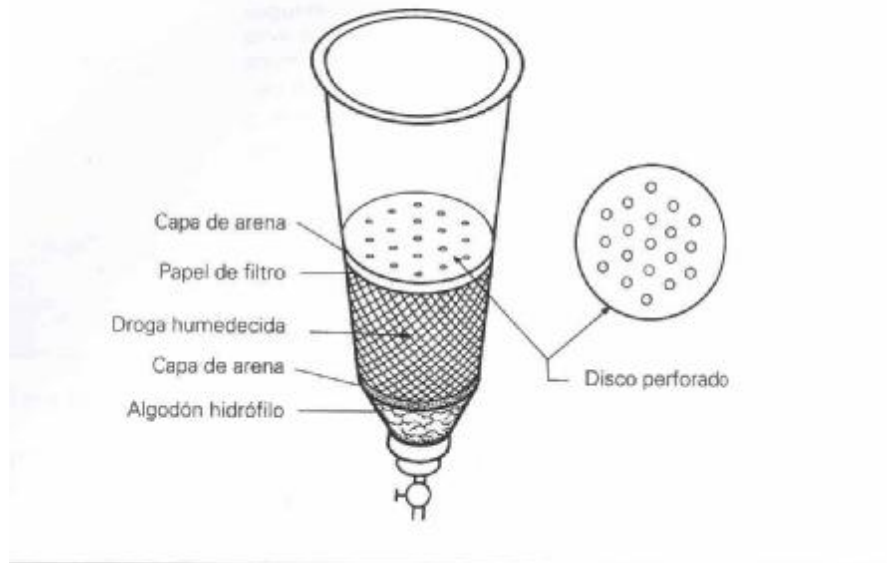
Este proceso es bastante utilizado para preparaciones en pequeña escala, el uso a nivel industrial se limita a la fabricación de extractos a partir de drogas ricas en mucílagos.

#### **2.4.2.2 Percolación o lixiviación**

La percolación consiste en hacer pasar el disolvente a través de la droga, hasta su extracción exhaustiva completa (14). En pequeña escala la percolación se realiza en aparatos denominados percoladores, de cuerpo cilíndrico o cónico, provisto de un grifo en la parte inferior, para regular el flujo del disolvente.

## Figura 1 Percolador

Figura 10. Modelo de percolador.



Fuente: Nikolai Sharapin, **Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos**, pp: 46

La percolación en pequeña escala o escala industrial comprende una etapa preliminar de humedecimiento de la droga, fuera del cuerpo del percolador. Este procedimiento tiene como objetivo aumentar el contacto, facilitando el paso del disolvente y no permitiendo la formación de falsas vías, que perjudican la eficiencia del proceso. El humedecimiento de la droga aumenta la porosidad de la pared celular y facilita la difusión de las sustancias extraíbles hacia el exterior de las células. El humedecimiento debe ser realizado fuera del percolador ya que puede hincharse excesivamente, principalmente cuando el disolvente es acuoso y comprimirse contra las paredes no permitiendo el paso del disolvente. Para tener una mayor eficiencia es conveniente realizar una repercolación de disolvente, haciendo recircular el mismo disolvente a través de la droga.



### **2.4.3 Variables del proceso extractivo**

Las variables que interfieren en el proceso extractivo, independientemente de la escala de producción o del tipo de producto final son:

#### **2.4.3.1 División de la droga**

La eficiencia del proceso extractivo será mayor cuanto menor sea el tamaño de las partículas, ya que así se obtiene una mayor área de contacto con el disolvente.

#### **2.4.3.2 Agitación**

La eficiencia del proceso extractivo es función del equilibrio de saturación del disolvente. La agitación hace que nuevas cantidades de disolvente, pobre en las sustancias extraíbles, entre en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado.

#### **2.4.3.3 Temperatura**

La temperatura contribuye al desplazamiento de la constante de equilibrio de saturación y aumenta la eficiencia del proceso. Sin embargo muchos principios activos son termolábiles y pueden ser destruidos, total o parcialmente a temperaturas elevadas.

#### **2.4.3.4 pH**

El pH influye en la solubilidad de diversos compuestos ya que permite la posibilidad de formación de sales.

#### **2.4.3.5 Naturaleza del disolvente**

Dependiendo de la finalidad deseada, el disolvente utilizado extrae selectivamente o no, cierta clase de compuestos. El alcohol etílico y sus mezclas con agua es el disolvente por excelencia para la obtención de extractos y tinturas.

#### **2.4.3.6 Tiempo de extracción**

El tiempo de extracción debe ser suficiente para permitir la separación de los compuestos de interés, aunque se debe de tener cuidado para que no sea excesivo.

### **2.4.4 Tipos de extracto**

Los extractos pueden ser clasificados de tres formas:

#### **2.4.4.1 Extracto fluido**

Los extractos fluidos son preparaciones líquidas en las que en general, una parte por masa o volumen es equivalente a una parte por masa de droga original deseada.

Se obtienen por percolación con alcohol 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.

#### **2.4.4.2 Extracto blando**

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

#### **2.4.4.3 Extracto seco**

Son preparaciones de consistencia sólida, obtenidos por evaporación del disolvente ha utilizado para su elaboración, los extractos secos tienen un residuo seco no inferior al 95% en masa.

Aparte de estas tres principales formas de extracto se encuentran a su vez:

#### **2.4.4.4. Extracto purificado**

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

#### **2.4.4.5 Extracto glicólicos**

Para su elaboración se emplean 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.

## **2.5 Tinturas**

Son preparaciones en donde el proceso de extracción de principios activos se ha llevado a cabo mediante una maceración, pero no con agua, sino con alcohol-agua, con un grado alcohólico determinado, dependiendo de los principios activos de cada planta y durante un tiempo, en función de la parte de la planta utilizada (hojas, flores, etc.). La relación entre planta y disolvente puede variar del 10 al 20%. Aproximadamente cinco gramos de tintura equivalen a un gramo de planta seca, aunque debe tenerse en cuenta que la extracción no es total y además, es relativamente selectiva.

Las tinturas tienen la ventaja de ser preparaciones muy simples y sin manipulaciones posteriores. Su grado de alterabilidad es pequeño comparado con otros tipos de extractos y tienen la ventaja de que llevan incluidas las esencias de las plantas, que son solubles en el alcohol.

Las tinturas, infusiones, cocimientos, etc., tienen una concentración poco elevada de principios activos, no obstante, entre ellas las tinturas son más concentradas, debido a que el alcohol tiene mayor capacidad extractiva que el agua. (14)

### **2.5.1 Tintura madre**

Las tinturas madres son preparaciones líquidas que resultan de la acción disolvente y/o extractiva de un disolvente inerte hidroalcohólico sobre la droga vegetal (14). Se pueden representar utilizando el símbolo TM colocado después del nombre científico o solamente con éste.

Las tinturas madres son la base para la preparación de los medicamentos homeopáticos a partir de plantas frescas o secas. Como medicamentos dinamizados se encuentran en un grado de

dilución bastante elevado, el control de calidad ejercido sobre el producto final se vuelve más difícil o en ciertos casos imposible.

Los equipos utilizados deben ser de material inerte como, por ejemplo, el acero inoxidable o el vidrio, para que no provoquen alteraciones en la composición de las tinturas. La escala de preparación de tinturas homeopáticas es inferior a la escala utilizada para tinturas de uso fitoterápico.

#### **2.5.1.1 Preparación de tintura madre**

De acuerdo con la farmacopea que se utilice, la preparación de las tinturas madres puede ser diferente. Sin embargo, siempre deben cumplirse las siguientes etapas:

- Selección material vegetal: exámenes microscópicos, macroscópicos, elaboración de ensayos para detectar la presencia de contaminantes.
- Escoger el método de extracción: (maceración/percolación) y el disolvente que debe utilizarse
- Exprimir y filtrar el material al finalizar la extracción.
- Elaborar la tintura y realizar el control de calidad (concentración de pa. TIC, HPLC). (3)

La farmacopea alemana recomienda la preparación de tinturas madres a partir de planta fresca, pero permite el uso de planta seca cuando no sea posible. En el caso de material seco la técnica de preparación es semejante a otras farmacopeas.

Las tinturas son preparadas en una proporción del 10%

en relación con el residuo seco para la extracción se utiliza la concentración de alcohol descrita en la monografía. En el caso de utilización de plantas frescas la técnica empleada es bastante diferente a las otras farmacopeas, ya que se toma como base el contenido de jugo de las mismas y no el residuo seco de la planta.

En este procedimiento se utilizan cuatro métodos principales.

- **Método 1:** se aplica a las plantas frescas con más de 60% de jugo por expresión y que no contengan aceites esenciales, resinas o mucílagos. Se exprime la planta o sus partes y se mezcla el jugo obtenido con un peso igual de alcohol al 90°. La preparación se deja en ambiente cerrado por un tiempo mínimo de cinco días y, posteriormente, se filtra.

Jugo+alcohol 90° (1:1) grado de alcohol final = 45%

- **Método 2:** se aplica a plantas con menos de 60% de jugo por expresión y que contengan más de 70% de humedad (pérdida por secado). Se calcula la pérdida por secado de una pequeña parte (alícuota) de la planta, se divide el material vegetal y se adiciona inmediatamente etanol de 90° en la misma cantidad de humedad calculada. Posteriormente, se macera en un recipiente cerrado durante un mínimo de diez días agitando repetidamente y, finalmente, se prensa y se filtra.

Contenido de humedad + alcohol 90° (1:1) grado de alcohol final = 45%

- **Método 3:** se aplica a plantas con menos de 60% de jugo por expresión y que poseen menos de 70% de humedad (pérdida por secado). Se calcula la pérdida por secado de una alícuota de la planta. Se divide finamente el material vegetal y se adiciona de inmediato etanol de 90° en una proporción de dos veces el peso del contenido de humedad calculado. Se macera en un recipiente cerrado durante diez días como mínimo, se prensa y se filtra.

Contenido de humedad + alcohol 90° (1:1) grado de  
alcohol final = 60%

- **Método 4:** se aplica a planta seca o a animales enteros o a sus partes. En este caso, se puede efectuar la extracción tanto por maceración o por percolación, utilizando la concentración alcohólica descrita en la monografía en una proporción de una parte de la droga por diez partes de alcohol. (3)

## 2.6 Características macroscópicas

### 2.6.1 Drogas constituidas por hojas

- Aspecto general: según que las hojas se presenten enteras, fragmentadas o pulverizadas.
- Consistencia: si son duras, flexibles, coriáceas, membranáceas, papiráceas, carnosas o suculentas.
- Color: este carácter tiene un valor relativo para la diagnóstico ya que depende del sistema de secado y

conservación que se haya realizado. Es importante, si la hoja es discolora, indicar qué color presenta en la cara ventral y cuál en la dorsal.

- Forma: si la hoja se encuentra entera, observar el ápice, base, borde, contorno, nerviación, simetría, si posee o no pecíolo, si es simple o compuestas, si lleva anexos etc.
- Olor y sabor son característicos de cada especie.
- Superficie de la lámina: por el tacto, si es lisa, sedosa, áspera y por la visión, si es pubescente, rugosa, ondulada, hirsuta o verrucosa.
- Tamaño: si es que la droga se presenta entera o fraccionada.
- Transparencia: algunas hojas pueden presentar puntos transparentes, relacionados con la estructura interna del órgano, por ejemplo, la presencia de glándulas, idioblastos, cavidades secretoras.

En caso del pecíolo indicar si es estriado, liso, rugoso, piloso, alado, su forma de inserción, etc. (3)

### **2.6.2 Drogas constituidas por frutos**

El fruto es el ovario desarrollado, después de la fecundación de los rendimientos seminales que contiene las semillas. Se derivan de una hoja y es posible determinar tres regiones: epicarpio, mesocarpio y endocarpio. Para caracterizar la droga se deben considerar los caracteres externos y el aspecto de la sección transversal del mismo.

El aspecto externo puede ser seroso, piloso, de consistencia carnosa o seca, esclerificado o lignificado, puede



estar constituido por frutos enteros o por parte de fruto.

En la sección transversal se fija el número de hojas carpelares que lo constituyen, tipo de placentación, cantidad de semilla, presencia o no de tabiques, etc.

Olor y sabor: Son característicos de cada especie y tiene gran valor diagnóstico. (6)

## **2.7 Caracterización química**

Dentro de los procesos directos de identificación se encuentra:

### **2.7.1 Características organolépticas**

Dentro de los procesos directos de identificación de la materia prima están las características organolépticas, aquellas que pueden ser definidas por los sentidos. Es de importancia el registro de éstas en los tejidos botánicos, así como la presencia o ausencia de olor. La monografía individual puede incluir información botánica sobre posibles especies adulterantes para ayudar a garantizar su ausencia en el material crudo. (3)

### **2.7.2 Características fitoquímicas**

Aunado al examen botánico está el análisis fitoquímico que ayuda a autenticar la identidad del material vegetal. La identificación química, generalmente utiliza procedimientos cromatográficos para detectar la presencia de compuestos marcadores. Los perfiles cromatográficos o espectroscópicos pueden ser usados para obtener la identificación química comparando siempre contra un estándar o muestra de referencia. Algunos ejemplos de métodos espectroscópicos son: el ultravioleta-visible (UV-Vis), infrarrojo (IR) e infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR). Los ejemplos de métodos cromatográficos incluyen: cromatografía líquida de alta

presión (HPLC, por sus siglas en inglés), cromatografía de capa fina (TLC), TLC bidimensional y cromatografía de gas (GC). Los métodos analíticos usados para obtener la huella digital (*fingerprinting*) de un material vegetal deben ser capaces de detectar la mayor cantidad de compuestos químicos como sea posible. Las huellas digitales múltiples obtenidas utilizando una combinación de métodos analíticos, con diferentes principios de separación y condiciones de ensayo, pueden ser de gran utilidad. (3)

### **2.7.3 Constituyentes**

La quimiotaxonomía es la clasificación de plantas basadas en sus constituyentes químicos y ésta puede ser de utilidad en la identificación de material vegetal. Los compuestos metabólicos encontrados en los tejidos vegetales pueden ser divididos en dos grandes categorías basadas en sus funciones. La primera categoría comprende los metabolitos primarios que son los involucrados en los procesos fisiológicos de la planta, absolutamente necesarios para la vida y son omnipresentes en el reino vegetal; estos procesos incluyen, la fotosíntesis, respiración y metabolismo del ácido nucléico, proteínas, carbohidratos y lípidos. La segunda comprende los metabolitos secundarios, compuestos que se cree no son absolutamente necesarios para los procesos de la vida, aunque pueden tener funciones importantes en las interacciones de la planta con otros organismos, tales como interacciones alelopáticas, defensa química contra herbívoros y patógenos y atracción para la polinización y animales dispersadores de semilla.

Muchos metabolitos secundarios son conocidos por tener actividad farmacológica y, además, son la base para la quimiotaxonomía de las plantas. Los metabolitos secundarios pueden ser clasificados en diferentes clases químicas, tales como:

aminoácidos no protéicos, flavonoides, xantonas, umarinas, poliacetilenos, policétidos cíclicos, monoterpenos, sesquiterpenos, iridoides, triterpenos, esteroides, terpenos que contienen nitrógeno y alcaloides. Estas clases químicas no son omnipresentes en el reino vegetal, pero tienden a ser específicas de ciertas clases botánicas, órdenes y familias. Además, muchas subclases químicas y compuestos secundarios individuales son específicos para ciertas subfamilias, géneros y especies. Son estas subclases químicas y compuestos individuales los que pueden ser usados como compuestos marcadores para ayudar en la identificación apropiada del material vegetal. (3)

#### **2.7.4 Identificación química**

Para la identificación química de artículos botánicos se preparan extractos, los cuales son mezclas complejas de varios constituyentes químicos. Para la gran mayoría de extractos botánicos, se puede decir que no se conoce con certeza cuál de los componentes es el responsable del efecto farmacológico registrado. Generalmente, se cree que varios constituyentes actúan sinérgicamente para proveer dicho efecto. Para el material vegetal que posee una monografía, ciertos constituyentes químicos son elegidos y se describen ensayos cuantitativos para evaluar su contenido. La elección de tales componentes, generalmente conocidos como marcadores, está basada en ciertas consideraciones. Actualmente, los siguientes tipos de marcadores son especificados en las monografías y pueden ser identificados en la materia prima.

##### **2.7.4.1 Principios activos**

Son constituyentes que tienen actividad clínica probada. El contenido mínimo o rango para los

principios activos es especificado usualmente en la monografía individual. Una determinación cuantitativa de los principios activos durante los estudios de estabilidad de las formas de dosificación botánicas proporciona la información necesaria para llegar a la fecha de vencimiento conveniente.

#### **2.7.4.2 Marcadores activos**

Son compuestos que tienen actividad farmacológica conocida y contribuyen en cierto grado a su eficacia. Sin embargo, la eficacia clínica para estos constituyentes puede no estar demostrada. Un contenido mínimo o rango de marcadores activos es especificado usualmente en la monografía individual. Una determinación cuantitativa de los marcadores activos durante los estudios de estabilidad de las formas de dosificación botánicas, proporciona la información necesaria para llegar a la fecha de vencimiento conveniente.

#### **2.7.4.3 Marcadores analíticos**

Cuando ni los principios activos ni los marcadores activos son definidos, otros constituyentes son utilizados para la determinación cuantitativa. Estos marcadores ayudan en la identificación del material. Si se mantiene un contenido mínimo o rango específico de los marcadores analíticos se puede llevar a cabo la estandarización del extracto vegetal y obtener la fecha de vencimiento conveniente durante los estudios de estabilidad.

#### **2.7.4.4 Marcadores negativos**

Son constituyentes que pueden tener propiedades tóxicas o alergénicas y cuya presencia es indeseable en el extracto botánico. Ejemplo de éstos son los ácidos ginkgólicos el ginkgo. Un límite riguroso de estos marcadores puede ser especificado en la monografía individual. (2)

#### **2.7.5 Determinación cualitativa de metabolitos secundarios**

El cribado o tamizaje fitoquímico tiene como objetivo general la determinación cualitativa de los principales grupos químicos presentes en el material vegetal y que, por lo general, son los grupos responsables de la actividad farmacológica. Estos ensayos son simples y pueden utilizarse de forma general para la caracterización de extractos obtenidos de material vegetal pero no son ensayos cuantitativos, por lo tanto, no indican por sí solos la calidad del material vegetal.

Las técnicas de determinación cualitativa más corrientemente utilizadas incluyen la determinación de la presencia de alcaloides, flavonoides, taninos, antracenos, esteroides insaturados, saponinas, glicósidos cardioactivos y otros grupos fenólicos. (6)

##### **2.7.5.1 Alcaloides**

A pesar que las sustancias llamadas alcaloides se clasifican como un grupo, el término alcaloide no es una designación química sino un nombre tradicional y convencionalmente aceptado, para un grupo de compuestos, los cuales en mayor o menor grado, presentan ciertas características comunes como:

- Biogénesis; El nitrógeno proviene de aminoácidos y forma parte de un anillo heterocíclico.
- Distribución: Restringida, son de origen vegetal aunque algunas sustancias derivadas de bacterias, hongos y animales son considerados alcaloides.
- Química: Uno o más nitrógeno en un anillo heterocíclico que le imparte propiedades básicas a la molécula.

Los alcaloides se encuentran en la naturaleza en forma de sales. El material vegetal se humedece con un álcali y los alcaloides libres se extraen con disolventes orgánicos, en este caso los alcaloides se obtienen como una mezcla de componentes neutros y ácidos que deben separarse por extracción ácido – base. (3)

Los alcaloides se emplean para diferentes aspectos:

- Medicina: La cocaína que es un anestésico local.
- Aliviador de dolor: La morfina y codeína.
- Resoluciones ópticas: La quinina, que a su vez es un agente antipalúdico.

### **2.7.5.2 Saponinas**

Los glucósidos saponínicos también llamados saponinas o sapogeninas son derivados terpénicos que agitados en el agua producen espuma semejante al jabón, así reducen la tensión superficial del agua. Son unos excelentes emulsivos, se encuentran frecuentemente en las plantas medicinales.

Una de las características de las saponinas es producir la hemólisis de los glóbulos rojos (eritrocitos) por lo cual son muy dañinas si se inyectan directamente en sangre; a causa de

esto, algunas plantas no son útiles en medicina; sin embargo, para los animales de sangre caliente apenas tiene toxicidad.

Se han utilizado mucho como agentes limpiadores y como espumantes, especialmente en líquidos de extinción de incendios la hidrólisis de las saponinas mediante óxidos o enzimas, elabora un azúcar (generalmente una glucosa) y una sapogenina; algunos de estos azúcares son utilizados como materias primas para sintetizar hormonas esteroides. Algunas plantas con alto contenido de glucósidos saponínicos son: hoja de acacia, hoja de abedul, castaño de indias, ginseng, flor de gordolobo, regaliz, hiedra primavera raíz de saponaria o jabonera, violeta y zarzaparrilla.

Medicinalmente, las saponinas relajan el intestino e incrementan las secreciones de las mucosas bronquiales fluidifican éstas y facilitan la expectoración (como la violeta, gordolobo y saponaria). Se emplean también como diuréticos y desinfectantes de las vías urinarias (como la zarzaparrilla). En usos externos son analgésicas y cicatrizantes (como la hiedra).  
(3)

### **2.7.5.3 Taninos**

Los taninos son sustancias, de alto peso molecular, es un complejo polímero de ácidos fenólicos y algunos además contienen azúcares. Las uniones entre los taninos y las macromoléculas son de tipo hidrofóbicas y puentes de hidrógeno de los grupos fenólicos de los taninos y las proteínas. Uniones covalentes aparecen para asegurar la estabilidad del complejo, ello implica enlaces luego de la oxidación de los fenoles quinonas.

Según su composición se pueden clasificar los taninos en:

- Taninos hidrolizables: Son ésteres de una azúcar y un variable número de moléculas fenólicas, el azúcar es generalmente glucosa y el ácido fenólico puede ser ácido gálico en caso de galotaninos o puede ser ácido hexahidrodifénico en el caso de elagitaninos.
- Taninos condensados: Son polímeros flavanoles, que son unidades de flavan-3-ol unidas por enlaces carbono-carbono, principalmente 4-8 o 4-6. Estos taninos, biogenéticamente son derivados del metabolismo de los flavonoides. (3)

### **2.7.6 Cromatografía en capa fina**

La cromatografía de capa fina es una técnica de separación en la cual la fase estacionaria es esparcida sobre un soporte (placa) de vidrio, metal o plástico, como una capa delgada y uniforme. Las soluciones de los analitos son depositadas sobre la placa y luego corridas. La separación se basa en adsorción, partición, intercambio iónico o en combinaciones de estos mecanismos y se lleva a cabo por la migración a través de la fase estacionaria de los solutos en un disolvente o mezcla apropiada de disolventes. Inicialmente, es necesario precondicionar las placas cromatográficas, lo cual se puede realizar corriéndolas en un disolvente apropiado y, al momento de uso, calentándolas en un horno de 100 a 105°C por una hora.

La técnica de capa fina es imprescindible cuando se quieren valorar componentes individuales, pues permite la separación de mezclas de sustancias. En el pasado, luego del desarrollo del cromatograma, era necesario raspar la placa y eluir los componentes



de interés pero, actualmente, con el uso del densitómetro, se pueden analizar las manchas *in situ*. Sin embargo, a pesar de la ventaja que implica el uso de esta técnica, la densitometría no es un método oficial de ninguna farmacopea, hasta el momento.

En capa fina las fases estacionarias pueden ser: sílica gel 6OF<sub>254</sub>, óxido de aluminio y celulosa.

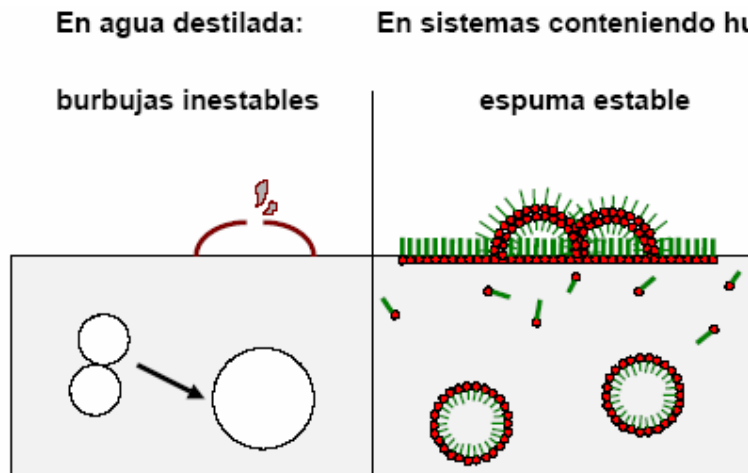
La capa fina se utiliza sólo para identificación del material vegetal, aún cuando existan otros métodos cromatográficos en la monografía, como cromatografía de gas y cromatografía líquida. Este método cromatográfico tiene como fin elucidar el cromatograma del material, en comparación con una determinación es muy importante para drogas subterráneas y, además, para detectar adulteraciones en un material vegetal, pues pueden agregarse minerales a la materia prima.

## **2.8 Antiespumantes**

Para poder hablar de antiespumantes, es preciso determinar la principal razón por la que se forma espuma, la cual es la estabilización de las burbujas por las moléculas humectantes. La cantidad de espuma formada depende de distintos factores: agitación, transferencia de líquidos, burbujeo, formulaciones donde intervienen varios constituyentes a mezclar y también se produce espuma por generación de gas dentro del líquido, tanto por acción química como por acción microbiana.

En un líquido desionizado (agua) exento de humectantes, las burbujas de aire suben a la superficie y se rompen. La elevada tensión superficial existente entre el aire y el líquido imposibilita la estabilización de las burbujas. Sin embargo, en sistemas con presencia de humectantes, los humectantes estabilizan las burbujas como partículas hidrófobas. (2)

**Figura 2 Estabilización de burbujas en agua conteniendo humectantes**

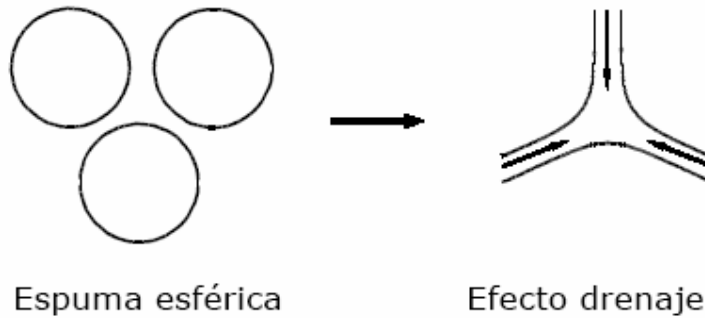


Fuente: Agitan Jone, **Antiespumantes**, pp: 2

Estos humectantes, que tienen un carácter hidrófilo-hidrófobo, forman una capa alrededor de la burbuja, en la que los extremos hidrófobos se orientan en dirección a la burbuja y los extremos hidrófilos al agua. La tensión superficial entre la burbuja y el líquido se reduce, quedando la burbuja estabilizada. La burbuja asciende a la superficie donde se ha formado una capa de moléculas humectantes entre el líquido y el aire, a su llegada se forma una doble capa estable entre la capa de la burbuja y la capa de la superficie (2). Esta capa está compuesta de la monocapa de los humectantes en la superficie aire-líquido de la burbuja y de la monocapa de los humectantes que cubren la superficie del líquido y del aire.

Según el mecanismo de formación de la espuma, las burbujas individuales forman una estructura esférica hermética. Por causa de determinados procesos osmóticos entre las burbujas, se produce un efecto de drenaje que causa la eliminación del agua del espacio entre las superficies de contacto de las burbujas.

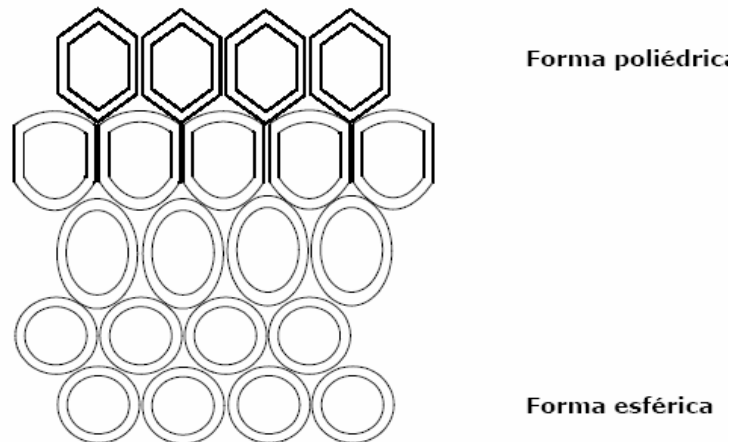
**Figura 3 Aproximación de burbujas por causa de efecto drenaje**



Fuente: Agitan, Jone, **Antiespumantes**, pp: 3

Esta agua se concentra en el espacio vacío entre las burbujas. Debido a este efecto, la estructura esférica se transforma en una forma geométrica octaédrica estrechando las distancias entre las dobles capas. Esta espuma, denominada espuma poliédrica, consiste en una estructura hermética hexagonal formada por aire.

**Figura 4 Distorsión de las capas esféricas respecto a una forma geométrica octaédrica**

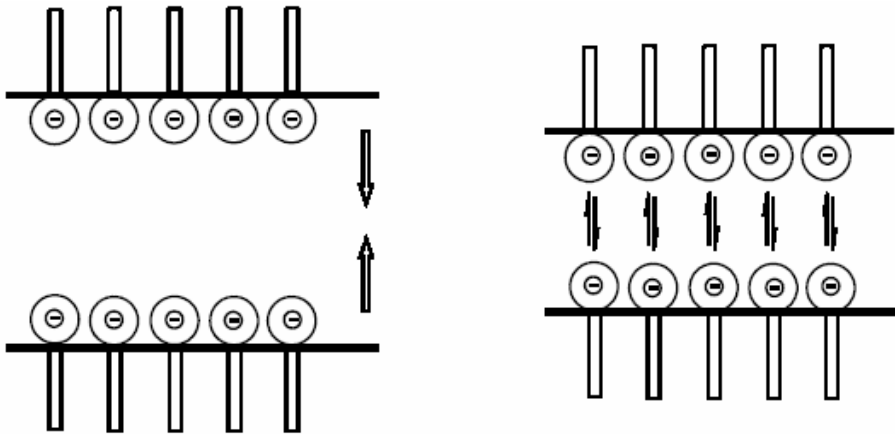


Fuente: Agitan, Jone, **Antiespumantes**, pp:4

Otros dos efectos permiten la estabilización de la espuma, el efecto Marangoni describe la tendencia a generar las condiciones energéticamente más favorables. En el caso de falta de humectantes en una parte de la superficie líquida o de las burbujas, la tensión superficial se altera en esta zona y por lo tanto es diferente al resto, mediante el denominado efecto de autocorrección, el sistema tiende a restaurar la tensión anterior, mediante la migración de moléculas humectantes.

El segundo efecto, es la repulsión electrostática de moléculas con la misma carga, pertenecientes a dos monocapas diferentes. A causa de la aproximación de las dos capas a la lámina, debido al efecto drenaje, las capas deberían colapsar y romper las burbujas. Esta aproximación se previene mediante fuerzas electrostáticas de las zonas cargadas de las moléculas tensioactivas, que mantienen las monocapas a una distancia de equilibrio.

**Figura 5 Aproximación de las monocapas y repulsión electrostática**



Fuente: Agitan, Jone, **Antiespumantes**, pp: 4

### **2.8.1 Composición del antiespumante**

En general, los antiespumantes consisten en diferentes componentes, los cuales no son completamente compatibles. Los problemas surgen con antiespumantes que son demasiado compatibles con el sistema, lo cual significa que son ineficaces. Por otra parte, si son demasiado incompatibles con el sistema, obtienen una alta eficacia pero causan problemas. La solución ideal en la elección del antiespumante, es la de encontrar un equilibrio óptimo entre compatibilidad e incompatibilidad con el fin de maximizar la eficiencia (2).

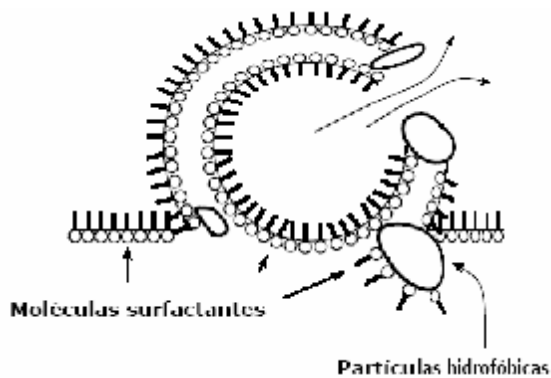
Los antiespumantes son sistemas multicomponentes con diferentes grupos de ingredientes funcionales, entre estos existen dos componentes principales: carriers, con una participación de 75 a 90% del total de la fórmula del antiespumante, ingredientes hidrófobos con un contenido de 5 a 10% y por último otras sustancias

- **Carriers:** En general son diversos tipos de aceites: aceites minerales más versátiles y menos costosos, aceites parafínicos, también se utilizan ácidos grasos, alcoholes grasos y éteres polivinílicos. La

función del carrier es la de extenderse por la superficie para presionar a la capa de moléculas tensioactivas. El carrier necesita una tensión superficial inferior que la del agua. La otra función importante es la de transportar los compuestos hidrófobos del antiespumante a la doble capa. Los carriers tienen que ser insolubles e incompatibles con el solvente (agua) para que suban a la superficie. La monocapa que forman los compuestos del antiespumante en la superficie debe tener una elasticidad reducida en comparación con la elasticidad de la superficie original de la doble capa de la burbuja.

- **Partículas hidrófobas:** Pueden ser utilizadas tanto en forma líquida como sólida. En forma líquida existen como gotas emulsionadas. Estas partículas (sólidas) siempre son materias hidrófobas con un tamaño entre 0.1 y 20  $\mu\text{m}$ . Este tamaño tiene una función importante, al permitir la penetración en el espacio entre la doble capa. Si este tamaño de la partícula es demasiado pequeño, la eficacia de la partícula se reduce significativamente porque entra agua entre las dobles capas y diluye la concentración de las partículas antiespumantes, disminuyendo así la eficacia del antiespumante. Si las partículas son demasiado grandes no pueden entrar entre las capas evitándose la transformación de microburbujas en macroburbujas. La función más importante de los compuestos hidrófobos es la absorción de las moléculas tensioactivas de la doble capa, con lo que la tensión superficial aumenta y la burbuja explota. La concentración de las partículas en la formulación de un antiespumante está limitada, debido a que la concentración total de los tensioactivos tiene que estar dentro de unos límites, para que no se desestabilice completamente el compuesto. Los compuestos utilizados como partículas hidrófobas son ceras, sílice hidrófoba, jabón, y también propilenglicol, amidas y poliuretanos.

**Figura 6 Destrucción de la doble capa con partículas hidrófobas**



Fuente: Agitan, Jone, **Antiespumantes**, pp: 6

### **2.8.2 Tipos de antiespumantes**

La eficacia de los antiespumantes en un sistema depende del equilibrio entre compatibilidad e incompatibilidad. No sólo el antiespumante sino también el sistema en que se utiliza el antiespumante, influye en este equilibrio. Teniendo en cuenta el agua como referencia, se pueden clasificar los antiespumantes en tres grupos, fácil, medio y difícilmente emulsionables.

Los antiespumantes que son fáciles de emulsionar son aquellos tipos que se pueden homogenizar en agua agitándolos y que permanecen estables durante un período elevado de tiempo sin mostrar separación. Los antiespumantes que son difíciles de emulsionar tienden a separarse en dos fases, inmediatamente después de la agitación. El tercer grupo se encuentra entre estos dos límites (2). Se obtiene mayor eficacia si el antiespumante puede ser incorporado (sin emulsionar) pero con suficiente compatibilidad para no crear defectos superficiales.

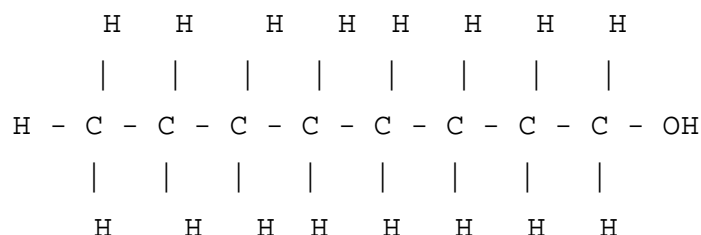
Como la facilidad de incorporación depende también del sistema que debe ser desespumado, el antiespumante adecuado tiene que ser elegido, en caso de duda, mediante ensayos.

En este caso en particular en donde a causa de la disminución de presión y la velocidad de rotación del rotavapor el antiespumante que se utilizará será el octanol, el cual presenta las siguientes propiedades.

### 2.8.3 Octanol

El octanol es un alcohol alto, ocho átomos carbón.

**Figura 7 Octanol**



Fuente: Alan, Wingrove, **Química Orgánica**, pp: 471

Sus principales propiedades son:

- Fórmula general:  $\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}$
- Peso molecular: 130.23 g
- Presión de vapor a  $20^\circ\text{C}$ : 0.3 mbar.
- Densidad:  $0.83 \text{ g/cm}^3$
- Punto de inflamación:  $+81^\circ\text{C}$
- Solubilidad en agua: casi insoluble.
- Punto de fusión:  $-16^\circ\text{C}$
- Punto de ebullición: relativamente  $195^\circ\text{C}$
- Temperatura de ignición:  $270^\circ\text{C}$ .



- Características: por ser un alcohol de alto número de carbonos y consistencia aceitosa, es utilizado como antiespumante.

## **2.9. Monografía de la droga vegetal**

### **2.9.1 Nombre científico**

- *Solanum americanum* Millar

### **2.9.2 Nombre popular**

- Macuy, Quilete, Hierba mora, Imut.

### **2.9.3 Sinónimos:**

- *Solanum americanum*: *Solanum nodiflorum* Jacq.

### **2.9.4 Historia**

La planta no se menciona en fuentes históricas mexicanas del siglo XVI. Fuentes y Guzmán en la Recordación Florida la menciona como "... útil a el remedio de muchas enfermedades, en especial a la de la erisipela..." Hay dificultades taxonómicas, ya que como *S. nigrum* L. planta nativa de Asia que es hexaploide, mientras que el local es *Solanum americanum* es diploide. (4)

### **2.9.5 Distribución geográfica y hábitat**

Es nativa de América, crece en matorrales y sembradíos, en Guatemala se encuentra a alturas de 350-1500 msnm, en los departamentos de Alta y Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jutiapa, Petén, Retalhuleu, Sacatepéquez, San Marcos, Santa Rosa, Suchitepéquez y Zacapa. (5)

### **2.9.6 Obtención**

Se obtiene por recolección en lugar de crecimiento silvestre, su propagación se hace por semilla que germina a los 15-20 días, se

siembra a media sombra. Como alimento se colecta el follaje al inicio de la floración, como medicina se colecta la planta al final de la fructificación, las hojas se separan y se secan a la sombra (4).

### **2.9.7 Descripción botánica**

Hierba de 1 m de alto, tallo pubescente. Hojas en pares o solitarias de 3-14 cm de largo, lanceoladas, ápice agudo. Inflorescencia internodal, racemiforme, pedunculada. Flores en cálise de 1-2 mm, lóbulos ovalados, agudos; corola blanca, limbo partido, 5-8 mm de ancho, estilo 2.5-3.5 cm de largo, más largo que los estambres, ovarios globoso. Frutos globosos, negros al madurar de 4-8 mm de diámetro, semillas pequeñas

**Figura 8 Macuy en estado silvestre, hoja tallo, flor y fruto**



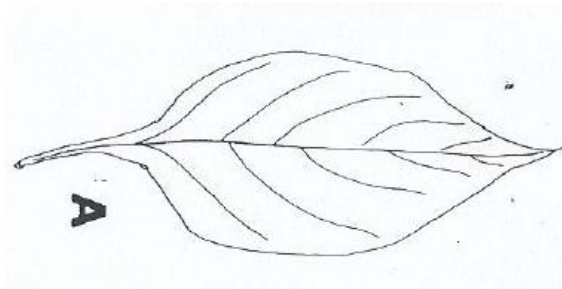
### 2.9.8 Características microscópicas

A continuación se presentara la descripción microscópica:

- Vista superficial de la lámina:

A. Silueta

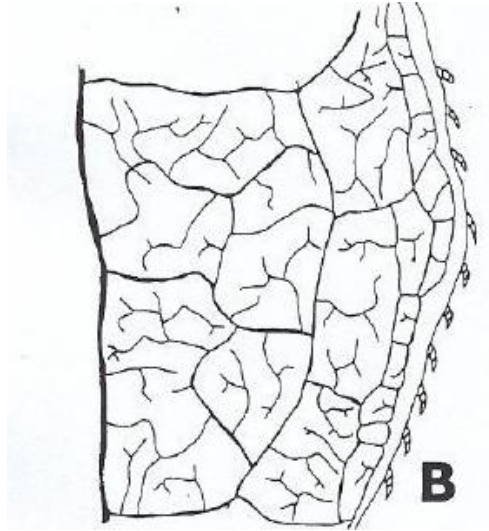
**Figura 9 Silueta de la hoja**



Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

B. Arquitectura foliar

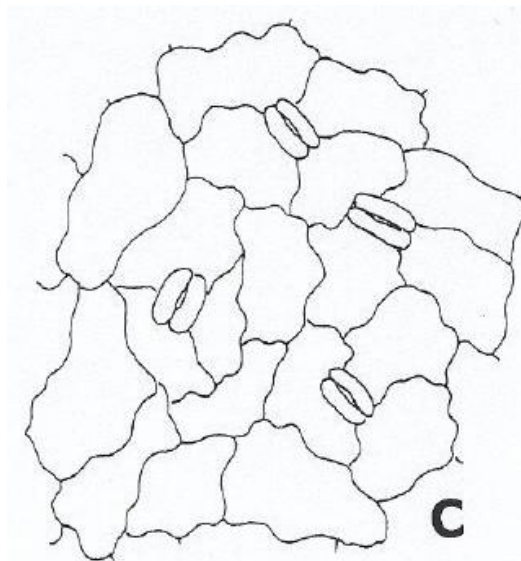
**Figura 10 Arquitectura foliar**



Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

C. Epidermis adaxial

**Figura 11 Epidermis adaxial**



Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

D. Epidermis abacial

**Figura 12 Epidermis abacial**

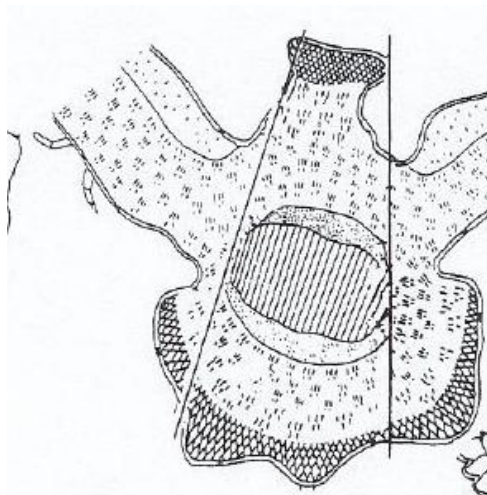


Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

- Rama en corte transversal

E. Representación esquemática de la rama en corte transversal

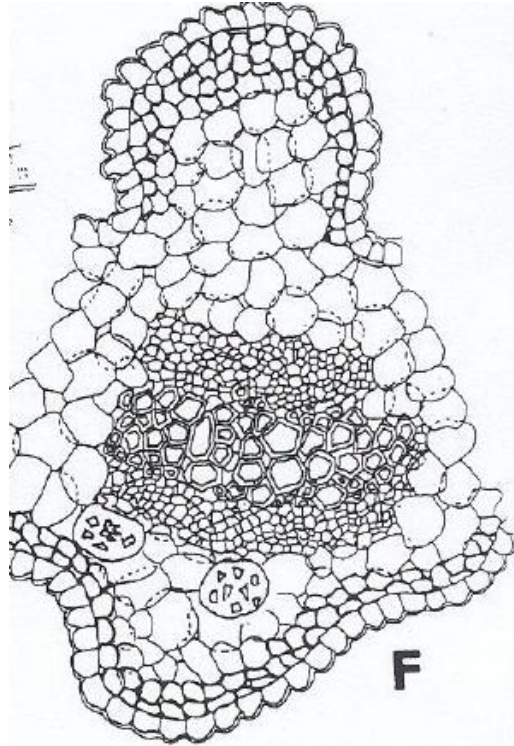
**Figura 13 Representación esquemática de la rama en corte transversal**



Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

F. Detalle de la rama indicada en E

**Figura 14 Detalle de la rama**

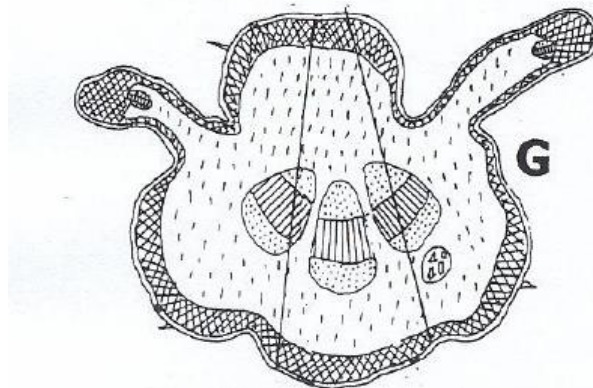


Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

- Pecíolo en corte transversal

G. Representación esquemática del pecíolo en corte transversal

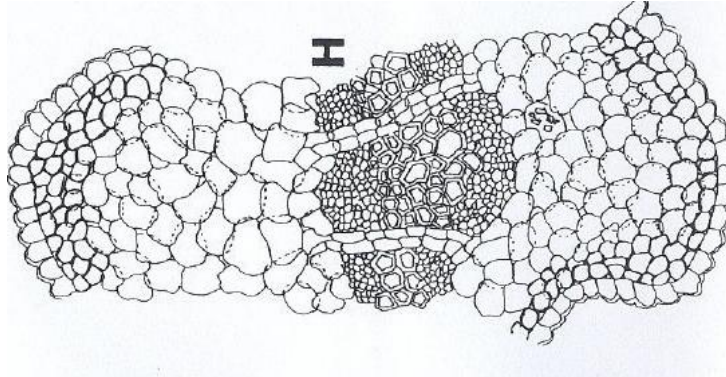
**Figura 15 Representación esquemática del pecíolo en corte transversal**



Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

H. Detalle del pecíolo indicado en G

**Figura 16 Detalle del pecíolo**

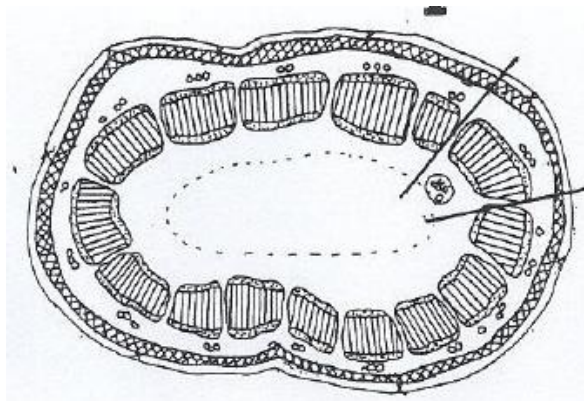


Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

- Tallo en corte transversal

I. Representación esquemática del pedúnculo (o tallo) en corte transversal

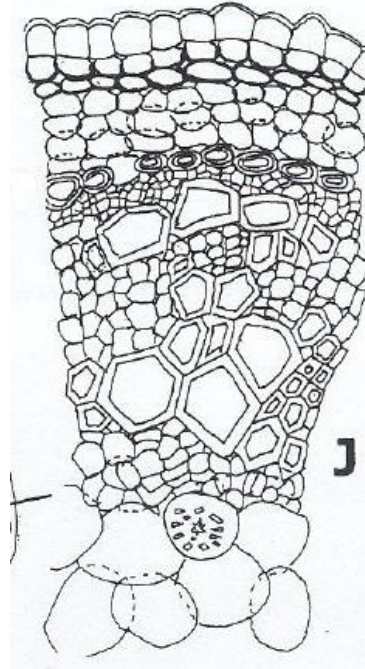
**Figura 17 Representación esquemática del tallo en corte transversal**



Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

J. Detalle del pedúnculo (o tallo) indicado en I

**Figura 18 Detalle del tallo**

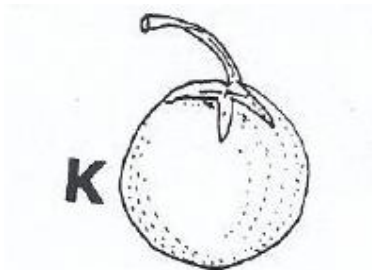


Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

- Fruto

K. Representación esquemática de la fruta

**Figura 19 Representación esquemática de la fruta**

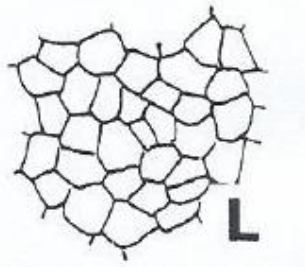


Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32



L. Epidermis de la fruta

**Figura 20 Epidermis de la fruta**

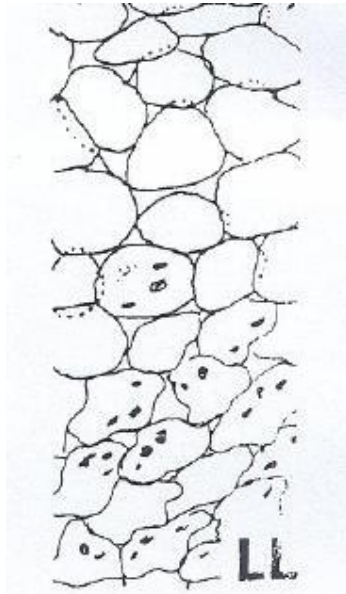


Fuente: Martha Gattuso, *Analytical Micrographic Characters*, pp: 32

- Pericarpio

LL. Detalle del pericarpio

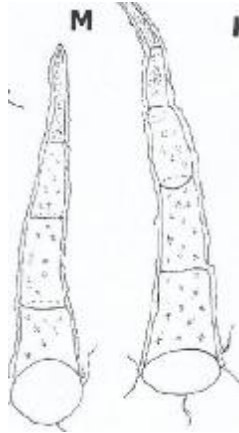
**Figura 21 Detalle del pericarpio**



Fuente: Martha Gattuso, *Analytical Micrographic Characters*, pp: 32

M. Simple, tricomes pluricelular, protuberancias marcadas

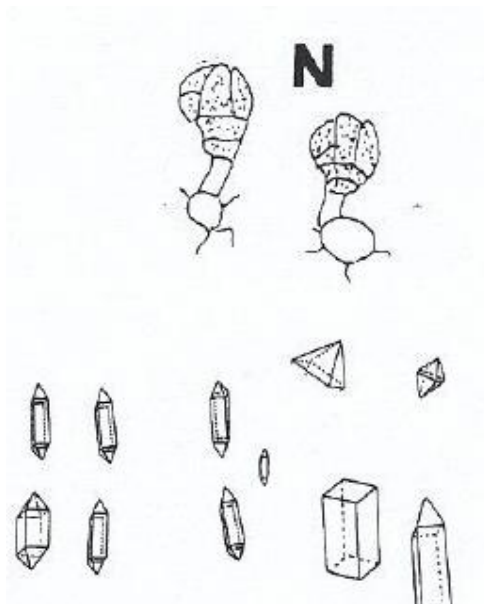
**Figura 22 Simple, tricomes pluricelular, protuberancias marcadas**



Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

N. Cristal de oxalato de calcio, fibras suaves

**Figura 23 Cristales de oxalato de calcio, fibras suaves.**



Fuente: Martha Gattuso, **Analytical Micrographic Characters**, pp: 32

Las figuras aquí presentadas están representadas en las siguientes escalas:

**Tabla II. Escala de representación microscópica**

<b>Escala</b>	<b>Figura</b>
1mm	G,I
150µm	J,L,LL
200µm	F,H
500µm	E
500µm	B
100µm	C,D,M,N

Fuente: Martha Gattuso, *Analytical micrographic characters*, pp: 32

### **2.9.9 Usos medicinales atribuidos**

El conocimiento de hojas y semillas tiene amplio uso medicinal. La decocción de hojas se usa por vía tópica para el tratamiento de afecciones dermatomucosas (acné, abscesos, dermatitis, eczema, erisipela, exanterna, heridas, leucorrea, llagas, mezquinos, pústulas, tiña, úlceras y vaginitis); por vía oral se usa en el tratamiento de asma, amigdalitis, anemia, cirrosis, cólico, diarrea, dolor de muelas, escorbuto, estreñimiento, gastritis, hinchazón, meningitis, nerviosismo, paludismo, presión alta, retención urinaria, reumatismo, tos ferina y úlcera gástrica (4).

Se le atribuye propiedad aperitiva, calmante, depurativa, diurética, desinflamante, emoliente, febrífuga, mineralizante, reconstituyente, sedante y vulneraria.

### **2.9.10 Usos populares**

Las hojas se comen en caldo o fritas con huevo; es una hierba que se consume en grandes cantidades en el país y es frecuente encontrarla en los mercados, se acostumbra comerla para la convalecencia y recuperación de diversas enfermedades (4).

### 2.9.11 Composición química

Es una planta de composición compleja, aunque poco estudiada. *Solanum americanum* contiene alcaloides (solasodina, solasonina, glucoalcaloides y alcalinas).

### 2.9.12 Farmacología

#### 2.9.12.1 Experimental

Estudios antibacterianos in vitro demuestran que la decocción de las hojas de la especie tiene actividad antibiótica; la decocción de *Solanum americanum* contra *Solanum aureus*. Estudios antimicóticos in vitro demuestran que la decocción y la tintura de las hojas de la especie tiene actividad contra *Candida albicans* y *Candida neoformans*.

Ensayos de farmacología experimental demuestran que la infusión de las hojas no tiene actividad hipoglicémica en un modelo en rata. La infusión de las hojas tiene actividad espasmolítica, frente a acetilcolina en dosis de 640 mg y frente a cloruro de bario en dosis de 320.640 mg. De donde se deduce que inhibe el espasmo por mecanismos muscarínicos y musculotrópicos (4).

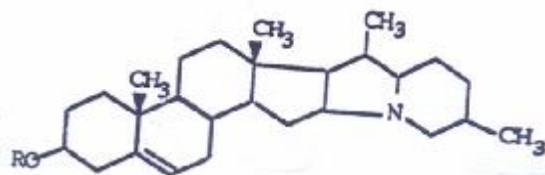
### 2.9.13 Farmacognosia

La materia vegetal usada como medicina son las hojas sazonas y frutos, que deben reunir las mismas características fisicoquímicas y sanitarias de la materia prima usada para la elaboración de productos fitofarmacéuticos.

La actividad antibiótica del género *Solanum* se atribuye a la  $\alpha$ -solanina, un alcaloide esferoidal básico, de peso molecular 559,

agujas finas de alcohol 85%, rotación óptica  $-60^\circ$  (piridina), soluble álcali, insoluble en agua (25 mg/l a pH 6), éter y cloroformo, presenta actividad fungicida (*Candida albicans* y hongos) e insecticida. La solasonina y la solasonina (alcaloides esféricos de peso molecular 413 y 884), son solubles en alcohol, sirve de material inicial para esteroides (4).

**Figura 24  $\alpha$ -solanina**



**$\alpha$ -solanina**

Fuente: A. Cáceres, **Plantas de uso medicinal en Guatemala**, pp: 315

Por fraccionamiento bioguiado del extracto alcohólico, análisis de masa y resonancia magnética nuclear se demostró que el principio responsable de la actividad antifúngica es un glicósido de spirostanol (cantalosaponina 3).

**Figura 25 Cantalosaponina**

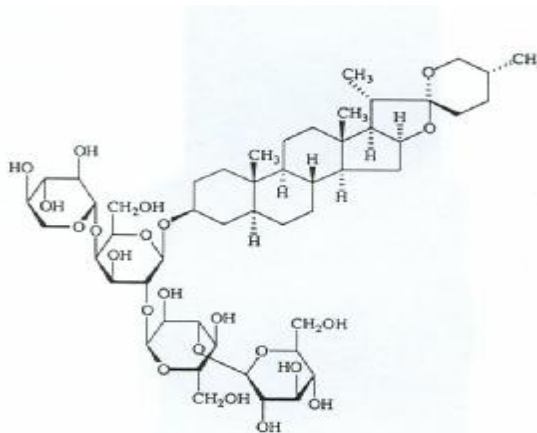


Fig. 1. Compound 1: cantalosaponin-3.

Fuente: A.Cáceres, **Plantas de uso medicinal en Guatemala**, pp: 315

#### **2.9.14 Toxicología**

Estudios de citotoxicidad demuestran que el extracto presenta actividad hemolítica aún en altas diluciones (1:1,000); en las concentraciones terapéuticas no presenta citotoxicidad hacia células de fibroblastoma (1:64), en diluciones 1:32 el 64% permanece viable después de incubación por 30 min. El clorhidrato de solanina ha sido usado como insecticida en la agricultura, tiene una DL50 de 42mg/kg por vía intraperitoneal en ratón.

Los frutos de *S. nigrum* se consideran tóxicos al ganado, ovejas, caballos, pollos y patos, aunque las opiniones con relación a la toxicidad de esta planta son contradictorios, ya que se han dado casos de envenenamiento en animales domésticos, pero también se usan en la elaboración de pasteles; los principios tóxicos se atribuyen a solanina y solanidina; los síntomas de intoxicación son: vómitos, diarrea, dolores de cabeza y estómago, dificultad para ver y hablar, debilidad, sudoración, frío, alteración del pulso, alucinaciones e inconciencia, sin embargo, esta toxicidad no ha sido demostrada en *Solanum americanum* (4).

#### **2.9.15 Indicaciones terapéuticas**

Por su actividad antifúngica y mineralizante está indicado su uso por vía oral en el tratamiento de infecciones dermatofíticas y en la fase de recuperación de pacientes con diversos estados debilitantes. Se recomienda administrar tres veces al día hasta por 15 días tres tazas al día a dosis de 1-2 g/taza en infusión o 1-2 mL de tintura 1:10 en etanol 35%.

Tópicamente está indicada para tratar afecciones de la piel y mucosas como dermatofitosis o candidiasis. Se recomienda aplicar una decocción de 10-30 g/l o 5-15 mL/L de la tintura en agua caliente

en formas de compresa, lienzo o enjuague; puede usarse en supositorio o ungüento.

Por su actividad antifúngica y antiinflamatoria puede combinarse con Frijolillo, Guachipilín y Nance.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Localización**

- La recolección y secado de la muestra se llevó a cabo en la Ecoparcela del Cacaotal, Km. 156 carretera a Samayac, Suchitepéquez, Mazatenango.
- La obtención de los extractos y tinturas, así como los análisis microbiológicos de la materia prima se realizaron en el laboratorio Físico - Químico y de Control de Calidad de Laboratorio y Droguería de Productos Fitofarmacéuticos Farmaya.
- Los análisis físico-químicos se realizaron en la sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería y en el laboratorio físico - químico de Laboratorio y Droguería de Productos Fitofarmacéuticos Farmaya.
- Los análisis fitoquímicos se realizaron en el laboratorio LIPRONAT y en el laboratorio de físico - química de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.
- El análisis microbiológico de la actividad antifúngica de la planta se realizó en el laboratorio de Citohistología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia.

#### **3.2 Recursos humanos**

- Investigador: Claudia Annelize Morales de León
- Asesora: Inga. Telma Maricela Cano Morales
- Coasesor: Lic. Armando Cáceres



### 3.3 Recursos materiales

#### 3.3.1 Equipo

- Percoladores de acero inoxidable.
- Percolador de plástico de 250 mL.
- Percolador de plástico de 100 mL.
- Horno eléctrico con recirculación que va de 0°-220°C marca Memmert.
- Rotavapor BÜCHI modelo R-200/205, incluye condensador vertical de vidrio, con balón concentrador de 1000 mL y balón receptor de vidrio de plástico de 2000 mL con juntas 24/40, sistema de vacío con bomba de vacío marca BÜCHI modelo R-5000, sistema de enfriamiento con bomba de agua, sistema de baño calefactor que va de 0 a 180°C y el sistema de rotación se puede ajustar de 20 a 280R/min.
- Potenciómetro HANNA pH 211.
- Picnómetro de 9.99 mL.
- Alcoholímetro de 0 a 100° Gay-Lusac.
- Estufa con sistema de calentamiento de medio a fuerte.
- Balanza digital marca Sartorius, precisión de 0.001g, percibe hasta 400 g.
- Desecadoras
- Horno Mufla marca Thermolyne 1400 Furnace, calienta hasta 1100°C.
- 1 Campana a microbiológica.
- Inoculador marca Precision Scientific serie 224AJ-5 de 120°C.
- 1 Refrigeradora.
- Campana de extracción de gases, marca Serprona de motor con capacidad de ¾ Hp.
- Autoclave.
- Incubadora a 36°C

**Figura 26 Equipo de laboratorio**



**Horno eléctrico, balanza analítica y rotavapor**

**Figura 27 Equipo de laboratorio**



**Percolador y Mufla**

**Figura 28 Equipo de laboratorio**



**Campana microbiológica e incubadoras**

### 3.3.2 Cristalería

- Equipo de extracción Soxhlet marca Corning – Pirex, con condensador, balones esmerilados con capacidad de 250 mL.
- Beakers con capacidad de 50,100,250,600 y 1000 mL.
- Balones aforados de 50 y 250 mL.
- Probetas de 25,100 y 250 mL.
- Cajas de Petri.
- Tubos de ensayo.
- Embudo de vidrio.
- Pinzas.
- Crisoles.
- Erlenmeyer de 100,250 y 1000 mL.
- Varillas de agitación.
- Tubos de tapón de rosca de 15 mL.

**Figura 29 Cristalería**



**Pinzas, porcelanas, embudo, erlenmeyer, probetas, balones, cajas de Petri, tubos de rosca, soporte de tubos, pipetas.**

**Figura 30 Cristalería**



**Campanas, alcoholímetro y picnómetro.**

### **3.3.3 Reactivos**

- § Etanol al 50%
- § Octanol.
- § Caldo lactosado.
- § Solución salina al 85%
- § Caldo bilis verde brillante.
- § Agar Sabouraud.
- § Agar Muller Milton.
- § Caldo tripticasa soya.

### **3.4 Metodología experimental**

#### **3.4.1 Diseño del tratamiento**

La materia prima utilizada fue macuy (*Solanum americanum*), cortado durante la maduración de los frutos. Se usó las hojas secas y tamizadas, de tal manera que se encuentren libre de impurezas como insectos, metales y materiales de otra naturaleza.

Tanto para las tinturas como para los extractos se utilizó la extracción por percolación de 24 horas de reposo.

Se trabajó con etanol al 50%, de tal manera que se realizaron dos tipos de tinturas 1:5 y 1:10 con tres repeticiones cada una, lo que dio un total de 6 muestras.

En el caso de los extractos se realizaron cuatro extractos con tres repeticiones cada una es decir 14 muestras en total. Por lo que el total de tratamientos fue de 6 y la cantidad de repeticiones 18.

#### **3.4.2 Manejo experimental**

##### **3.4.2.1 Preparación de la muestra**

###### Materia extraña:

Es todo aquella materia que no es parte de la planta y que a la hora del proceso podría contaminar.

###### *Procedimiento:*

Se toman 100 g de muestra secos y se extenderá en una superficie en donde se determinará:

- Tallo morado y extremadamente seccionado.
- Hojas simples alargadas de 3.5 a 8 cm de longitud y 2-4.5 cm de ancho.
- Flores en racimos de 5-8 flores con un cáliz de 1-2mm.
- Fruto de 1 cm De diámetro morado y pequeño.

Luego de extraer de la muestra todo material que no cumpla con estos requerimientos se pesan y se hace una relación para determinar el porcentaje de materia extraña en la muestra:

$$\frac{g.demateriaextraña * 100\%}{100g} = \% MateriaExtraña.$$

Si el porcentaje de materia extraña determinado es menor a 1% se considera aprobada la materia extraña y se procede a tamizar previamente eliminando del primer lote todo aquello que no cumpla.

#### **3.4.2.2 Determinación del mejor disolvente**

Se realiza de la siguiente manera:

1. Preparar solución de 30, 50, 70% de etanol en agua.
2. Tarar 10 g de planta.
3. Tarar 100 mL de etanol al 30%.
4. Preparar el percolador colocando el la boquilla un poco de algodón para que esta no se tape y papel filtro.
5. Preparado el percolador se agrega la planta previamente humedecida con el etanol tarado, si al agregarlo el etanol no cubre la planta se agrega etanol a la misma concentración hasta que cubra.
6. Dejar reposar por 24 horas.

7. Al término de las 24 horas extraer la tintura siempre tomando en cuenta extraer 100 mL.
8. Esto se realizará por triplicado y para cada concentración de etanol.
9. Al término de obtener todas las tinturas se procede a determinar los sólidos extraíbles.
10. Con los datos de sólidos extraíbles se determina una media para cada solución, el que mayor media tenga será la concentración de etanol a utilizar.

#### **3.4.2.3 Determinación de sólidos extraíbles**

Consiste en desecar en un horno, un determinado peso de extracto durante un tiempo determinado, y a continuación se deja enfriar en un desecador.

##### *Procedimiento:*

En una cápsula de fondo plano de 50 mm de diámetro y 30 mm de altura, introducir 25 mL del extracto a examinar. Evaporar hasta sequedad sobre un baño de agua y secar en un horno a 100°C durante 6 horas. Dejar enfriar en un desecador sobre pentóxido de difósforo R o gel de sílice anhidro R y pesar. Calcular el resultado como porcentaje en g/dL de la manera siguiente:

1. Determinar la cantidad de sólidos depositados en la cápsula:

*Tara de cápsula con depósito de sólidos – Tara de cápsula vacía = Cantidad de sólidos depositados.*

2. Determinar una media de la cantidad de sólidos por triplicado:



$$\frac{\sum(\text{sólidos depositados})}{3} = \text{promedio de sólidos}$$

3. Determinar el porcentaje de sólidos:

$$\frac{\text{promedio de sólidos} * 100}{25\text{mL}} = \% \text{ de sólidos g / dL.}$$

#### **3.4.2.4 Determinación de porcentaje de humedad**

La humedad de una muestra no es sólo el contenido de agua, comprende también toda materia volátil que se elimina por calentamiento, conduciendo a pérdida de peso. Entre dichas sustancias se tienen: agua, grasas, aceites, alcoholes, disolventes, materias aromáticas, componentes volátiles y productos de descomposición. El exceso de agua en drogas vegetales es el responsable de la hidrólisis de sus constituyentes y del crecimiento de microorganismos. Con pocas excepciones, el contenido de agua en estas drogas debe variar entre 8 y 12%.

La termogravimetría es un procedimiento para determinar una pérdida de masa, que produce al calentar una sustancia. Para esto se procede:

1. Tarar 1 gramo de muestra.
2. Colocar este gramo en una cápsula previamente tarada y libre de humedad.
3. Se coloca en horno por 1 hora a 100°C.
4. Transcurrida la hora se coloca en una desecadora hasta esperar a que enfrié y se tara.
5. Determinar el porcentaje de humedad de la manera siguiente:

$$100 - \left[ \left[ \frac{TaraTotal - TaraCápsula}{TaraMuestra} \right] * 100 \right] = \% Humedad Pe$$

### 3.4.2.5 Determinación de cenizas totales

Esta prueba se realiza sobre el material pulverizado y para algunas farmacopeas no requiere que se establezca el tamaño del tamiz. La prueba total se incluye a menos que se establezca lo contrario en la monografía y dice el contenido de minerales que contiene el material en estudio.

#### *Procedimiento*

Incinerar 1 gramo de polvo del material vegetal en un plato tarado de sílica o platino, a una temperatura no mayor de 450°C hasta que esté libre de carbón, enfriar y pesar.

Para determinar el porcentaje de cenizas se aplica la ecuación:

$$\frac{(TaraCrisol + Muestra) - (TaraCrisol)}{TaraMuestra} * 100 = \% Ceniza$$

### 3.4.2.6 Preparación de tinturas y extractos

La percolación consiste en hacer pasar el disolvente a través de la droga vegetal hasta su extracción completa. La percolación simple, comprende la extracción exhaustiva de la droga con el disolvente siempre renovado. En pequeña escala, la percolación se realiza en percoladores, de cuerpo cilíndrico o cónico, provistos de un grifo en la parte inferior para regular el flujo de disolvente. La capa de droga debe ser 5 veces el diámetro medio del equipo según la Farmacopea Alemana.

*Procedimiento:*

En un percolador limpio y seco, colocar algodón en la parte inferior y papel filtro de acuerdo al diámetro.

Pesar la cantidad de material de acuerdo al tamaño del percolador, humedecerlo con el disolvente en un vaso de precipitar, transferir al percolador y agregar disolvente hasta cubrirlo.

1. Dejar reposar 18-24 horas, abrir la llave inferior y gotear a una velocidad adecuada.
2. Recoger el líquido, añadir suficiente disolvente extra, según se requiera, hasta obtener el volumen agregado al inicio.
3. El material sólido que ha quedado, se presiona y este líquido se añade al percolado obtenido anteriormente.
4. La solución obtenida puede utilizarse para producir extractos o tinturas. Para preparar los primeros, el menstuo obtenido se concentra en rotavapor y se repite la operación hasta que se agote la droga con el disolvente recuperado y se alcance la consistencia deseada (extractos fluidos 1:1, blando 2:1, duro 4:1 y seco 8:1); las tinturas sólo se ajustan a volumen en función de la concentración deseada (1:5 ó 1:10)

#### **3.4.2.6 Determinación de densidad**

La densidad relativa es la relación entre la masa de un determinado volumen a 25°C y la masa de un volumen igual de agua a la misma temperatura. La densidad y el peso específico se encuentran entre los caracteres físicos más utilizados para el ensayo de drogas.

*Procedimiento:*

1. Tarar el picnómetro perfectamente limpio y seco.
2. Llevar el picnómetro hasta el borde con la solución y colocar el termómetro tapadera, se producirá un pequeño rebalse por el canal lateral; colocar la tapadera del canal lateral.
3. Secar perfectamente y tarar en una balanza analítica.
4. Determinar la densidad de la manera siguiente:

$$\frac{(TaraPicnómetroVacio - TaraMuestra)}{9.999mL} = DensidadMuestra$$

#### **3.4.2.7 Determinación de pH**

El pH es un valor que representa convencionalmente la concentración de iones hidrógeno de una disolución acuosa. Por razones prácticas se define una manera experimental.

*Procedimiento:*

Es necesario calibrar el instrumento periódicamente, especialmente si se requiere de precisión en las lecturas. Con el instrumento calibrado determinar el pH de la solución siempre teniendo en cuenta que luego de cada lectura debe lavarse con agua destilada.

#### **3.4.2.8 Determinación de alcaloides**

Los alcaloides se encuentran en la naturaleza en forma de sales. El material vegetal se humedece con un álcali y los alcaloides libres se extraen con disolventes orgánicos.

*Procedimiento*

- § Pesar 1 g de material vegetal.

§ Agregar 2 gotas de solución de hidróxido de amonio al 10% (p/v), luego añadir 25 mL de metanol a 60°C.

§ Filtrar con papel filtro Whatman 1 y acidificar el filtrado con ácido clorhídrico 2 N. La solución resultante dividirla en 4 tubos y evaluar de la siguiente manera:

Tubo 1: agregar 5 gotas del reactivo de Mayer's. (Color blanco a crema).

Tubo 2: agregar 5 gotas del reactivo de Dragendorff. (Color rojo a naranja).

Tubo 3: agregar 5 gotas del reactivo de Wagner. (Color marrón).

Tubo 4: testigo.

Usar como estándar soluciones al 1% de atropina y papaverina. Observar durante 2 horas la existencia de precipitados, turbidez o precipitación de complejos en los tubos.

Preparación de Reactivos:

Mayer's (yoduro de mercurio y potasio)

- 1.36 g de  $\text{HgCl}_2/60 \text{ mL H}_2\text{O}$
- 5 g  $\text{KI}/10 \text{ mL H}_2\text{O}$
- Mezclar y diluir a 100 mL.

Dragendorff (yoduro de bismuto y potasio)

- 8 g  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}/20 \text{ mL HNO}_3$
- 27.2 g  $\text{KI}/50 \text{ mL H}_2\text{O}$
- Mezclar, reposar, decantar supernadante. Diluir a 100 mL.

Wagner (yodo-yoduro de potasio)

- 1.27 g  $\text{I}_2 + 2 \text{ g KI}/5 \text{ mL H}_2\text{O}$
- Diluir a 100 mL.

- Cromatografía en capa fina:

*Procedimiento*

- Pesar 1 g de material vegetal seco y molido.
- Agregar 1 mL de hidróxido de amonio al 10% (p/v) y extraer con 5 mL de metanol.
- Colocar en baño maría a 60°C durante 5 minutos.
- Filtrar y concentrar. Aplicar en una placa de sílica gel 60 F<sub>254</sub>, utilizando como estándar una solución de atropina y papaverina al 1 por ciento en metanol (10 µl).

Fase móvil: tolueno, acetato de etilo –dietilamina(35:10:5)

Detección:

Sin tratamiento químico: UV 254 nm fluorescencia, UV 365 nm algunos fluorescen azul o amarillo. Reactivo de Dragendorff: zonas cafés o naranjas en vista, los colores no son estables.

Rf: Es el factor de retención, es la medida de la migración de una sustancia determinada en un disolvente dado y se calcula de la manera siguiente:

$$R_f = \frac{\text{Distancia Recorrida Sustancia}}{\text{Distancia Recorrida Disolvente}}$$

### 3.4.2.10 Determinación de saponinas

Los glucósidos saponínicos también llamados saponinas o sapogeninas son derivados terpénicos que agitados en el agua producen espuma semejante al jabón, así reducen la tensión superficial del agua

Prueba de espuma:

Tubo 1: 100 mg de material vegetal pulverizado y seco

Tubo 2: 2 mL de control de saponinas (0.5%)

Tubo 3: 1 mL de agua

*Procedimiento:*

- A cada tubo se le adiciona 10 mL de agua destilada.
- Calentar en baño de maría (60°C) durante 30 minutos.
- Enfriar, tapar los tubos, agitar vigorosamente 30 a 40 segundos.
- Dejar reposar los tubos durante 30 minutos, observar la formación de capa de espuma. Si una capa de espuma mayor de 3 cm persiste en la superficie líquida después de 30 minutos se presume la presencia de saponinas.

Cromatografía en capa fina:

*Procedimiento*

- Tarar 2 g de material vegetal seco.
- Se extraen con 10 mL de etanol al 70% con reflujo por 10 minutos.
- Evaporar a 5 mL y proceder a aplicar 25-40  $\mu\text{L}$  en una cromatoplaque de sílicagel 60 F<sub>254</sub>. Estándar de saponinas al 0.1 % en metanol (10  $\mu\text{L}$ ).

Fase móvil: cloroformo-metanol-agua (70:30:4).

Detección:

1. Reactivo de Liebermann-Burchard: UV-365 o VIS zonas azules y verdes de saponinas esferoidales, rojas y violetas de triterpenoides.

2. Reactivo de Komarowsky: zonas azules, amarillas y rojas).  
(Vainilla-ácido sulfúrico y anisaldehído-ácido sulfúrico: zonas azules, violetas, amarillentas.

#### **3.4.2.11 Cuantificación de saponinas**

Es preciso cuantificar la cantidad de saponinas presente en la muestra ya que su principio activo es de la  $\alpha$ -solanina, de tal manera que para esto se procede de la siguiente manera:

- Tarar 1 g de planta y transferir a un balón de 250 mL.
- Agregar 70 g de etanol al 50%.
- Tarar el contenido total y anotar.
- Colocar a reflujo en baño María por 1 hora.
- Enfriar y tarar, si es necesario completar la tara inicial con etanol al 50%.
- Ya completado filtrar la solución.
- Al filtrado agregar 10 mL de HCl 0.1 M y transferir a una ampolla de decantación de 250 mL.
- Agregar a la ampolla 70 mL de una solución de 30 mL de cloroformo, 90 mL de HCl a 0.1M y 180 mL de n-butanol y dejar reposar por 15 min.
- Lavar tres veces y obtener la fase orgánica.
- A las fases orgánicas lavar dos veces más con la solución de 30 mL de cloroformo, 90 mL de HCl a 0.1 M y 180 mL de n-butanol, la fase acuosa es despreciada.
- Agregar la fase orgánica a un balón de 50 mL y aforar con ácido acético glacial.

Solución muestra:

- Transferir 0.5 mL de la solución madre para un tubo de ensayo.



- Agregar 4 mL de una solución 1:1 de 50 mL de ácido acético al 98% y 50 mL de ácido sulfúrico al 95%, la cual se deja reposar por 2 horas antes de ser utilizada.
- Homogenizar en baño de María a 60±1°C durante 25 minutos.
- Refrigerar en baño de hielo por 1 minuto y tomar la lectura inmediata.

Solución blanca:

- Transferir 0.5 mL de ácido acético glacial al 98% para un tubo de ensayo.
- Adicionar 4 mL de una solución 1:1 de 50 mL de ácido acético al 98% y 50 mL de ácido sulfúrico al 95%, la cual se deja reposar por 2 horas antes de ser utilizada.
- Homogenizar en baño de María a 60±1°C durante 25 minutos.
- Refrigerar en baño de hielo por 1 minuto y tomar la lectura inmediata.
- Realizar la lectura de la solución blanca antes de tomar las lecturas de las soluciones.

Medir la absorbancia de la solución muestra en 520 nm, utilizar la solución blanca para ajuste del cero y luego la de la solución muestra.

Para determinar la cantidad de saponina presente se utiliza la ecuación:

$$\frac{450mL * A}{60 * m} = \% \text{ Saponinas}$$

Donde:

450 = (Factor de dilución)\*9\*50 mL (volumen final)\*1g.

A = Absorbancia medida de solución muestra.

60 = Absorbancia de referencia.

m = masa de muestra 1g.

#### **3.4.2.12 Determinación de taninos**

Los taninos son sustancias, de alto peso molecular, es un complejo polímero de ácidos fenólicos y algunos además contienen azúcares.

Ensayos macro y semimicro:

- Extraer 10 g de material vegetal pulverizado con 30 mL de etanol o metanol al 80 por ciento.
- Filtrar y evaporar a sequedad.
- Añadir 25 mL de agua caliente al residuo y agitar con varilla y dejar enfriar.
- Agregar 1 mL de solución de cloruro de sodio al 10% y filtrar.
- Adicional 3 mL del filtrado a 4 tubos de ensayo:

Tubo 1: testigo.

Tubo 2: agregar 4 a 5 gotas de solución de gelatina al 1% (p/v).

Tubo 3: agregar 4 a 5 gotas de gelatina-sal (1 por ciento de gelatina y cloruro de sodio al 10%).

Tubo 4: agregar 3 a 4 gotas de solución de cloruro férrico al 10 por ciento (p/v).

Observar la formación de precipitado y/o cambio de coloración.

Con cloruro férrico: grisáceo-negro catecol; negro-azulado: pirogalol.

#### **3.4.2.13 Análisis microbiológico**

Las condiciones de las pruebas para detectar contaminación microbiana son designadas en tal caso como

una forma de minimizar la contaminación accidental de las muestras en estudio y las precauciones tomadas no deben afectar adversamente a algún microorganismo que pudiera estar presente.

Límites de contaminación microbiana en materiales de plantas medicinales:

- A.** Material crudo de plantas para ser procesado posteriormente (incluyendo procedimiento de contaminación físico o químico).

Los límites son determinados para material de plantas cosechadas bajo condiciones higiénicas aceptables y que no ha recibido tratamiento.

por gramo máximo  $10^4$  *Escherichia coli*

- B.** Material de plantas que serán pretratadas (por Ej.: Con agua hirviendo como **infusión**) o si el material será usado tópicamente.

por gramo máximo  $10^7$  bacterias aeróbicas

máximo  $10^4$  mohos y levaduras

máximo  $10^2$  *Escherichia coli*

máximo  $10^4$  otras enterobacterias

negativo *Salmonella*

- C.** Otros materiales de plantas para uso interno (polvos para cápsulas y tabletas).

Por gramo máximo  $10^5$  bacterias aeróbicas  
 máximo  $10^3$  mohos y levaduras  
 máximo 10 *Escherichia coli*  
 máximo  $10^3$  otras enterobacterias  
 negativo *Salmonella*

Límite de contaminación microbiana aceptado para material fito  
 según LUCAM

100 NMP/g ..... aceptable  
 100-460 NMP/g .....regularmente aceptable  
 Mayor de 460 NMP/g .... inaceptable o rechazado

**Tabla III. Categorías de drogas crudas vegetales según tenor microbiano de acuerdo a los criterios de la OMS**

CATEGORIA	COLIFORMES TOTALES	COLIFORMES FECALES	ESCHERICHIA COLI	USO
A	1+ Max 100 NP mLg 1000 UFC/g	+ Max 10 NMP/g 10 UFC/g	Negativo	Polvos (Cápsulas)
B	1+ Max 460 NP mLg 10000 UFC/g	+ Max 10 NMP/g 100 UFC/g	Negativo	Infusiones
C	1+ Max 460 NP mLg 10000 UFC/g	+ Max 10 NMP/g 10000 UFC/g	Negativo	Tinturas y elixires

Fuente: Laboratorios de productos fitofarmacéuticos Farmaya.

**Tabla IV. Datos para calcular el número más probable -NMP- (1)**

Combinación de tubos positivos	NMP / g o mL
0-0-0	<3
0-0-1	3
0-1-0	3
0-2-0	3
1-0-0	4
1-0-1	7
1-1-0	7
1-1-1	11
1-2-0	11
2-0-0	9
2-0-1	14
2-1-0	15
2-1-1	20
2-2-0	21
2-2-1	28
2-3-0	12
3-0-0	23
3-0-1	39
3-0-2	64
3-1-0	43
3-1-1	75
3-1-2	120
3-2-0	93
3-2-1	150
3-2-2	210
3-3-0	240
3-3-1	460
3-3-2	1100
3-3-3	2400

Fuente: Laboratorio de productos fitofarmacéuticos Farmaya.

#### **3.4.2.14 Determinación de coliformes totales**

Los coliformes son un grupo de bacterias que habitan en el intestino, tanto de humanos como de animales, también pueden ser encontradas en la tierra, restos vegetales y cualquier otro tipo de medio que les proporcione nutrientes para su viabilidad. Este grupo ha sido empleado como un indicador de contaminación fecal y de calidad sanitaria, es decir, su presencia sugiere la de otros microorganismos patógenos presentes en las heces. Estos microorganismos son más resistentes a las condiciones ambientales que otros, por lo que si los coliformes están ausentes, la muestra analizada es bacteriológicamente aceptable.

##### *Procedimiento*

- Preparar el caldo lactosado según las instrucciones del envase.
- Agregar 9 mL de caldo lactosado en un tubo de 20 mL con tapón rosca, introducir una campana de Dirham. Preparar de esta forma los 9 tubos a utilizar.
- Esterilizar los tubos en la autoclave, por 15 minutos a 250°C y 15 psi de presión. Dejar que se enfríen los tubos.
- Pesar 2 gramos del material y agregarle 18 ml de agua estéril o 18 mL de solución salina al 0.85% p/v.
- Agitar de tal manera que el agua entre en contacto con toda la superficie de la muestra. Dejar reposar por 1 hora exacta (medir con cronómetro), tapar con papel aluminio para evitar contaminación.
- Filtrar la solución con un embudo de vidrio y algodón previamente esterilizados.
- En la campana limpia y sanitizada con anterioridad

inocular, a los tres primeros tubos de caldo lactosado agregar 1 mL del filtrado, a los siguientes 3, 0.1 mL y los últimos 3, 0.01 mL del filtrado.

- Incubar de 24 a 48 horas en la incubadora # 1 a 35-37°C
- Verificar crecimiento bacteriano con producción de gas (burbuja de aire en la campana de Durham), formación de turbidez y precipitado.
- Interpretar resultados respecto a la tabla de Número Más Probable (N1v1P).
- A los tubos que den positivo hacerle análisis de Coliformes fecales

*Expresión de resultados:*

La presencia de Coliformes totales indica que la contaminación de la muestra se debe al proceso que ha llevado desde el inicio, como malas condiciones de secado, almacenamiento, aire, humedad así contaminación por animales, insectos y agua.

**Tabla V. Expresión de resultados para la presencia de coliformes**

Muestra	1: 100	1; 1000	1:0000	Resultado (NMP/g- mL)
XX	0	0	0	Xx

Fuente: Laboratorio de productos fitofarmacéuticos Farmaya.

**3.4.2.15 Determinación de coliformes fecales**

*Procedimiento:*

- Preparar el caldo Bilis Verde Brillante (BVB) según las

instrucciones del envase.

- Agregar 9 mL de caldo BVB en un tubo de 20 mL con tapón rosca, introducir una
- Campana de Durham. Prepara de esta forma los tubos a utilizar.
- Esterilizar los tubos en la autoclave, por 15 minutos a 250°C y 15 psi de presión.
- Dejar que se enfríen los tubos.
- En la campana limpia y sanitizada con anterioridad (según PEO de Limpieza y Sanitización de la Campana) inocular los tubos de BVB tomando una asada de cada tubo de caldo lactosado que presentó gas.
- Incubar de 24 a 48 horas en la incubadora # 2 a 42-44°C
- Verificar crecimiento bacteriano con producción de gas (burbuja de aire en la campana de Durham) formación de turbidez y precipitado.
- Interpretar resultados respecto a la tabla de Número Más Probable (NMP).
- A los tubos que den positivo hacerle análisis de *Escherichia coli*.

#### *Expresión de resultados*

La presencia de Coliformes fecales indica contaminación fecal proveniente del riego con aguas negras y puede haber potencialmente la presencia de microorganismos patógenos.



**Tabla VI. Expresión de resultados para la presencia de coliformes fecales**

Muestra	1: 100	1; 1000	1:0000	Resultado (NMP/g- mL)
XX	0	0	0	Xx

Fuente: Laboratorio de productos fitofarmacéuticos Farmaya.

#### **3.4.2.16 Determinación de *Escherichia coli***

*Procedimiento:*

- Preparar el caldo EC según las instrucciones del envase.
- Agregar 10 mL de caldo EC en un tubo de 20 mL con tapón rosca, introducir una campana de Durham. Preparar de esta forma los tubos a utilizar.
- Esterilizar los tubos en la autoclave, por 15 minutos a 250°C y 15 psi de presión.
- Dejar que se enfríen los tubos.
- En la campana limpia y sanitizada con anterioridad, inocular los tubos de EC tomando una asada de cada tubo de caldo BVB que presento gas.
- Incubar de 24 a 48 horas en la incubadora # 1 a 35-37°C
- Verificar crecimiento bacteriano con producción de gas (burbuja de aire en la campana de Durham), formación de turbidez y precipitado.
- A los tubos que den positivo inocular en placas de agar McConkey.
- Incubar las cajas a 43-45°C durante 18- 24 horas.
- El crecimiento de colonias rojas, umbilicadas, generalmente no mucosas, indican la posible presencia de *Escherichia coli*.
- Si desea confirmarse utilizar reacciones bioquímicas o una batería (2,3).

- Tomar una colonia típica del crecimiento en McConkey e inocular en agar TSI y LIA
- Las reacciones bioquímicas para este microorganismo son las siguientes:

TSI alcalino-ácido I ácido (rojo-amarillo I amarillo), con gas. Sulfhídrico, LIA alcalino/alcalino (violeta/violeta) con gas, sin ác. Sulfhídrico.

*Expresión de resultados:*

*Escherichia coli* se presenta como un microorganismo entero patógeno. El producto es aceptado cuando no presenta crecimiento microbiológico.

**Tabla VII. Representación de resultados para presencia de *Escherichia coli***

Muestra	Resultado
XX	Positivo o Negativo

Fuente: Laboratorio de productos fitofarmacéuticos Farmaya.

### 3.4.2.17 Actividad antimicrobiana

Consiste en cuantificar la concentración mínima de un extracto, fracción o compuesto obtenidos de una droga vegetal que ha demostrado actividad en una prueba de tamizaje previo. Se emplean diluciones seriadas del extracto y concentraciones constantes del microorganismo y se evalúa el crecimiento del microorganismo en un ensayo estandarizado similar al que sirvió de tamizaje.

*Procedimiento*

- Preparación de Agar-Planta

- Preparar tubos con 3.6, 3.8, 3.9, 4 mL de agar Mueller Hinton
- Esterilizar a 121°C durante 15 minutos, dejar enfriar a 50°C y agregar solución del extracto disuelto (concentración de 10 mg/ mL) en una caja cuadrilate de la siguiente manera:

3.6 mL de agar + 0.4 mL de la solución de extracto =  
1.0 mg/ mL

3.8 mL de agar + 0.2 mL de la solución de extracto =  
0.5 mg/ mL

3.9 mL de agar + 0.1 mL de la solución de extracto =  
0.25 mg/mL

- Un cuadrante con 4.0 mL de agar como control negativo.
- Dejar solidificar e incubar 36°C por 24 horas, para comprobar esterilidad.
- Guardar en refrigeración hasta el momento de usar.

#### Preparación del inóculo

- Purificar el microorganismo a ensayar inoculándolo en un tubo con 8 mL de agar Muller Hinton inclinado, incubar 36°C durante 24 horas.
- Inocular una asada del cultivo puro microbiano en un tubo con 5.0 mL de caldo.
- Tripticasa soya, incubar a 36°C durante 48 horas.
- Diluir 0.05 mL de la suspensión anterior en 4.95 mL de agua solución salina estéril (dilución 1: 100).

### Demostración de la concentración inhibitoria mínima

Inocular tres estrías en cada uno de los cuadrantes de la caja e incubar a 36°C por 24 horas. Dejar reposar durante 5-10 minutos e incubar a 36°C durante 24 horas.

### Interpretación de resultados

Actividad negativa: crecimiento homogéneo a lo largo del inóculo.

Actividad positiva: no hay crecimiento homogéneo a lo largo del inóculo.

Contaminación: presencia de microorganismos fuera de la inoculación.

### **3.4. Análisis estadístico**

Se utilizará el análisis de varianza para cada componente químico determinado, por ser un método apropiado para probar la igualdad o diferencias de varias medidas.

Los datos aparecen en la siguiente tabla:

**Tabla VIII. Datos requeridos para un experimento con  $k$  tratamientos y  $n$  repeticiones**

Tratamientos	No. De observaciones			Total	Promedio
1	$Y_{1,1}$	$Y_{1,2}$	$Y_{1,3}$	$Y_3$	$y_1$
2	$Y_{2,1}$	$Y_{2,2}$	$Y_{2,3}$	$Y_3$	$y_2$
3	$Y_{3,1}$	$Y_{3,2}$	$Y_{3,3}$	$Y_3$	$y_3$
A	$Y_{a,1}$	$Y_{a,2}$	$Y_{a,3}$	$Y_a$	$y_4$
				$Y_i$	$y$

Donde

$Y_i =$  Es el total de las observaciones bajo  $i$ -ésimo tratamiento

$y_i =$  Es el promedio de las observaciones bajo  $i$ -ésimo tratamiento, similarmente sea  $Y$  la suma de todas las observaciones y  $y$  la media general de las observaciones.

En la tabla VI, se presentan los cálculos que se realizarán durante el análisis de varianza y se ilustra el área de rechazo y aceptación.

**Tabla IX. Tabla ANDEVA**

Fuente de Variación Tratamientos	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	$f$ calculada
	SSA	$K-1$	$S_1^2 = \frac{SSA}{k-1}$	$S_1^2/S^2$
Error	SSE	$K(n-1)$	$S^2 = \frac{SSE}{K(n-1)}$	
Total	SST	$Nj-1$		

Donde

SST = se calcula de la siguiente forma:

$$\sum Y^2 - Y_t/n = SST$$

SSA = se calcula de la siguiente forma:

$$\sum Y^2 - Y_t/n = SSA$$

SSE = se calcula de la siguiente forma

$$SST - Ssa = SSE$$



## 4. RESULTADOS

Luego de realizar las pruebas pertinentes a la muestra de *Solanum americanum* los resultados obtenidos son:

### 4.1 Calidad de materia prima

Tabla X. Calidad de Materia Prima

	Porcentaje en peso
Cenizas	12.03
Materia extraña	0.42
Humedad	9.5

Fuente: Datos calculados

### 4.2 Propiedades del producto

#### 4.2.1 Análisis Fisicoquímico

Tabla XI. Análisis Fisicoquímico

		Densidad en g/mL			pH			Sólidos Totales en g/dL		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
Extractos	Fluido	0.909	0.919	0.918	6.68	6.68	6.67	4.695	4.693	4.69
	Blando	0.909	0.910	0.919	6.67	6.68	6.68	5.608	5.609	5.609
	Duro	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Seco	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tinturas	1-5	0.912	0.918	0.932	6.66	6.68	6.68	3.508	3.529	3.513
	1-10	0.909	0.925	0.925	6.68	6.69	6.69	2.672	2.67	2.657

Fuente: Datos Calculados



## 4.2.2 Análisis Fitoquímico

Tabla XII. Análisis Fitoquímico

		Alcaloides			Saponinas			Taninos		
		M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
<b>Extractos</b>	<b>Fluido</b>	Ni	Ni	Ni	ld	ld	ld	Ni	Ni	Ni
	<b>Blando</b>	Ni	Ni	Ni	ld	ld	ld	Ni	Ni	Ni
	<b>Duro</b>	Ni	Ni	Ni	ld	ld	ld	Ni	Ni	Ni
	<b>Seco</b>	Ni	Ni	Ni	ld	ld	ld	Ni	Ni	Ni
<b>Tinturas</b>	<b>1-5</b>	Ni	Ni	Ni	ld	ld	ld	Ni	Ni	Ni
	<b>1-10</b>	Ni	Ni	Ni	ld	ld	ld	Ni	Ni	Ni
Ni: No identificado				ld. Identificado						

Fuente: Datos Obtenidos

En las pruebas realizadas solo se pudo determinar en taninos que la muestra posee compuestos fenólicos.

#### 4.2.3 Cromatografía en capa fina

**Tabla XIII. Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de *Solanum americanum***

		Muestra	Altura en cm	Altura valor estandar en cm	Rf Muestra	Rf Estandar
<b>Tinturas</b>	1-5	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19
	1-10	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19

Fuente: Datos Calculados

Este valor de Rf coincide con el valor estándar de la muestra 20-Hidroxi-ecdisona, presentando una fuerte coloración amarillenta en la placa.

**Tabla XIV. Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechos de *Solanum americanum***

		Muestra	Altura	Altura valor estandar	Rf Muestra	Rf Estandar
<b>Extractos</b>	Fluido	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19
	Blando	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19
	Duro	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
	Seco	1	0.63	1.27	0.09	0.19
2		0.63	1.27	0.09	0.19	
3		0.63	1.27	0.09	0.19	

Fuente: Datos Calculados

Este valor de Rf coincide con el valor estándar de la muestra 20-Hidroxicdisona, presentando una coloración amarillenta en la placa.

#### 4.2.4 Cuantificación de saponinas

**Tabla XV. Cuantificación de saponinas presente en tinturas de *Solanum americanum***

Saponinas		
	1-5	1-10
<b>M1</b>	0.1862	0.2877
<b>M2</b>	0.1815	0.2840
<b>M3</b>	0.1792	0.2822

Fuente: Datos Calculados

**Tabla XVI. Cuantificación de saponinas presente en extractos de *Solanum americanum***

Saponinas				
	1/1	2/1	4/1	8/1
<b>M1</b>	0.434	0.5285	0.6062	0.6985
<b>M2</b>	0.435	0.5345	0.6102	0.6970
<b>M3</b>	0.4445	0.5312	0.6107	0.6965

Fuente: Datos Calculados

Como es posible observar en las tablas XIV y XV estas presentan una alta concentración de saponinas en la muestra.

### 4.3 Análisis Microbiológico

Tabla XVII. Análisis Microbiológico

Muestra	Microorganismo	1 mL	0.1 mL	0.001 mL	NMP/g	Observaciones
1	Coliformes Totales	3	3	3	2400	
	Coliformes Fecales	3	3	3	2400	
	<i>Escherichia coli</i>	3	3	3	2400	Rechazado
2	Coliformes Totales	3	3	3	2400	
	Coliformes Fecales	3	3	3	2400	
	<i>Escherichia coli</i>	3	3	3	2400	Rechazado
3	Coliformes Totales	3	1	1	460	
	Coliformes Fecales	3	0	1	39	
	<i>Escherichia coli</i>	3	0	1	39	Aceptado

Fuente: Datos obtenidos Laboratorio Farmaya

### 4.4 Actividad Antimicrobiana

Tabla XVIII. Actividad contra la *Candida albicans*

		<i>Candida albicans</i>		
		M1	M2	M3
Extractos	Fluido	1	1	1
	Blando	1	1	1
	Duro	1	1	1
	Seco	1	1	1
Tinturas	1-5	1	1	1
	1-10	1	1	1

Fuente: Datos obtenidos Laboratorio Citohistología USAC

Según los datos obtenidos es posible determinar que las muestras obtenidas no presentan actividad antifúngica contra la *Candida albicans*.

#### 4.5 Análisis estadístico

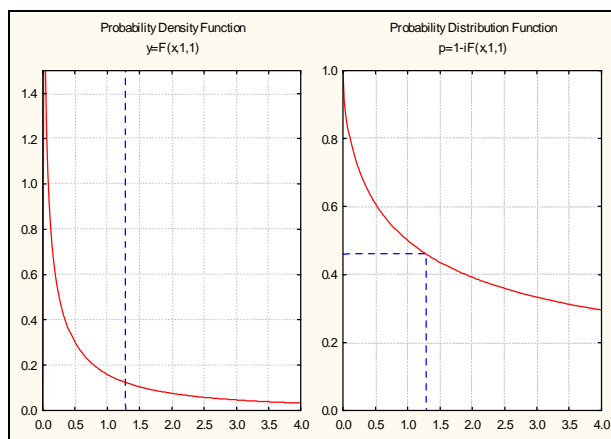
Todo el análisis estadístico se realizó con un nivel de confianza del 95%

**Tabla XIX. Valores de F para la evaluación de densidad de las tinturas 1:5 y 1:10 de la muestra de *Solanum americanum***

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0.000112888	0.000112888	1.292225163	0.459309413
Residuos	1	8.73591E-05	8.73591E-05		
Total	2	0.000200247			

Fuente: Datos calculados

**Figura 31. Probabilidad de la función densidad para tinturas 1: 5 y 1: 10 de la muestra de *Solanum americanum***



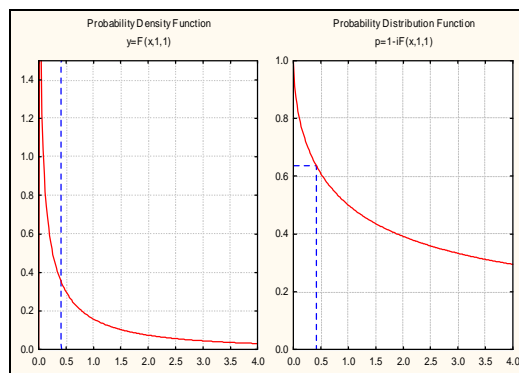
Fuente: Datos obtenidos

**Tabla XX. Valores de F para la evaluación de densidad de las extractos para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	1.92403E-05	1.92403E-05	0.415739	0.635410733
Residuos	1	4.62797E-05	4.62797E-05		
Total	2	6.552E-05			

Fuente: Datos calculados

**Figura 32. Probabilidad de la función densidad para extractos de la muestra de *Solanum americanum***



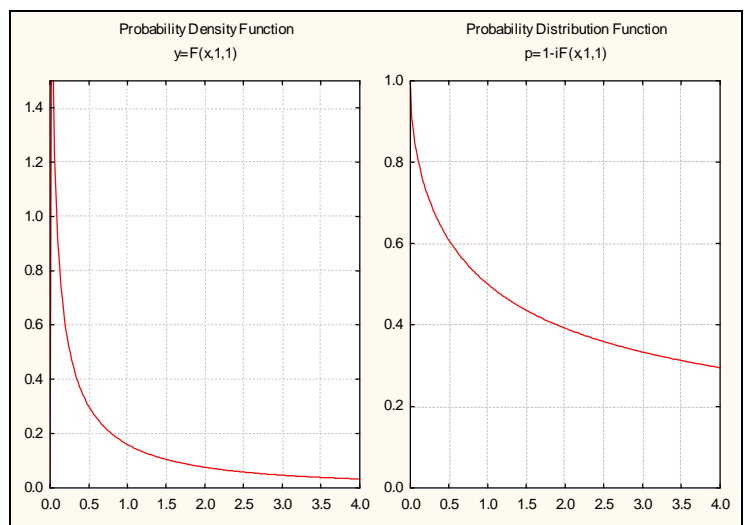
Fuente: Datos obtenidos

**Tabla XXI. Valores de F para la evaluación de pH de las tinturas para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.000266667	0.000266667	3.15E+19	1.13482E-
Residuos	1	8.47352E-24	8.47352E-24		10
Total	2	0.000266667			

Fuente: Datos calculados

**Figura 33. Probabilidad de la función pH para tinturas 1:5 y 1: 10 de la muestra de *Solanum americanum***



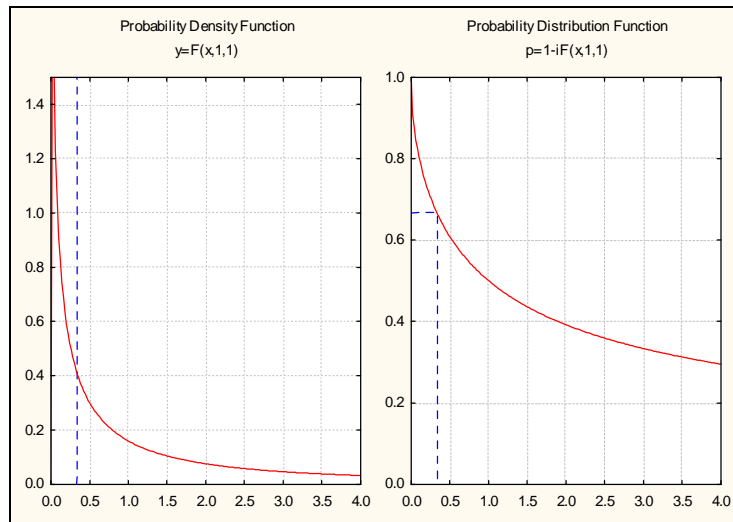
Fuente: Datos obtenidos

**Tabla XXII. Valores de F para la evaluación de pH de las extractos para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	1.66667E-05	1.66667E-05	0.333333	0.666666667
Residuos	1	5E-05	5E-05		
Total	2	6.66667E-05			

Fuente: Datos calculados

**Figura 34. Probabilidad de la función pH para extractos de la muestra de *Solanum americanum***



Fuente: Datos obtenidos

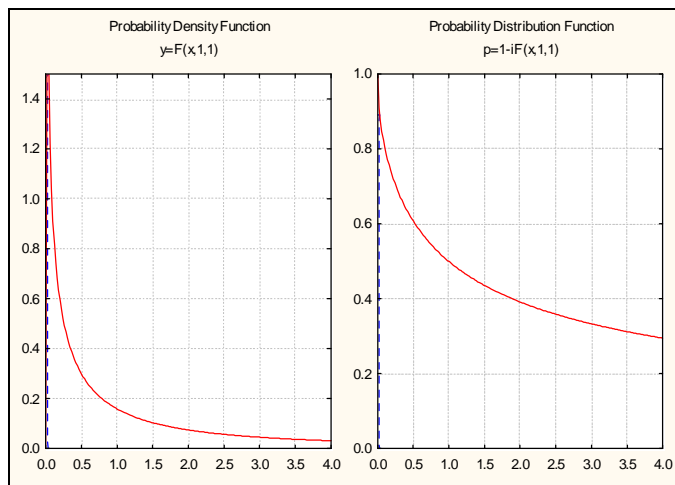


**Tabla XXIII. Valores de F para la evaluación de sólidos totales de las tinturas para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	6.93551E-06	6.93551E-06	0.02967	0.891402535
Residuos	1	0.000233731	0.000233731		
Total	2	0.000240667			

Fuente: Datos calculados

**Figura 35. Probabilidad de la función sólidos totales para tinturas 1:5 y 1: 10 de la muestra de *Solanum americanum***



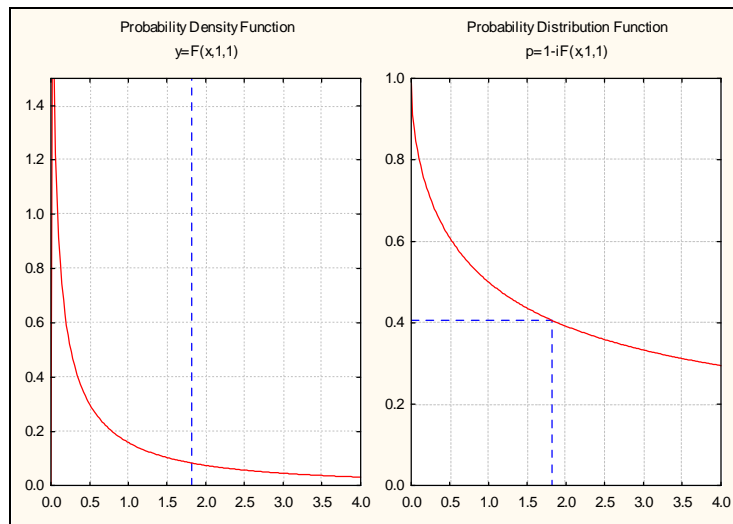
Fuente: Datos obtenidos

**Tabla XXIV. Valores de F para la evaluación de sólidos totales de los extractos para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	8.16667E-06	8.16667E-06	1.8148148	0.406519728
Residuos	1	4.5E-06	4.5E-06		
Total	2	1.26667E-05			

Fuente: Datos calucaldos

**Figura 36. Probabilidad de la función sólidos totales para extractos de la muestra de *Solanum americanum***



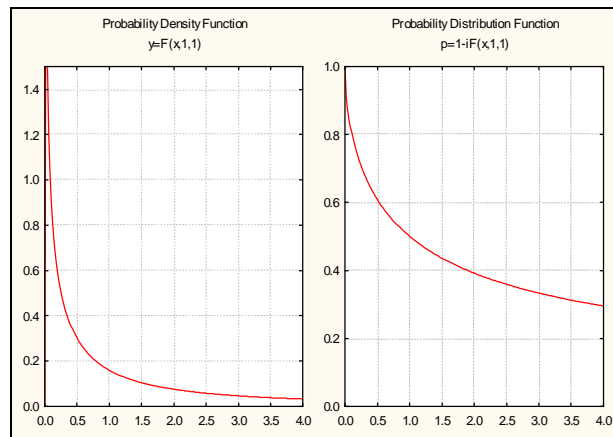
Fuente: Datos obtenidos

**Tabla XXV. Valores de F para la evaluación de cuantificación de saponinas de las tinturas para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	2.55413E-05	2.55413E-05	77441.33	0.00228766
Residuos	1	3.29815E-10	3.29815E-10		
Total	2	2.55417E-05			

Fuente: Datos calculados

**Figura 37. Probabilidad de la función cuantificación de saponinas para tinturas 1:5 y 1: 10 de la muestra de *Solanum americanum***



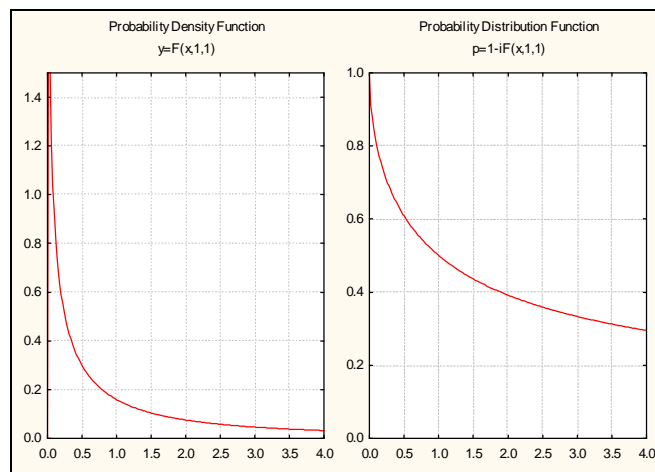
Fuente: Datos obtenidos

**Tabla XXVI. Valores de F para la evaluación de cuantificación de saponinas de los extractos para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	0.037997003	0.018998502	2745.94	0.013492731
Residuos	1	6.91876E-06	6.91876E-06		
Total	3	0.038003922			

Fuente: Datos calculados

**Figura 38. Probabilidad de la función de cuantificación de saponinas para extractos de la muestra de *Solanum americanum***



Fuente: Datos obtenidos



## 5. DISCUSION DE RESULTADOS

En la presente investigación se realizó la caracterización de los extractos fluido, blando, duro y seco así como de las tinturas 1: 5 y 1:10 del macuy (*Solanum americanum*) a nivel de laboratorio para determinar si algunos de estos presentaba actividad antifúngica contra la *Candida albicans*.

Para poder llevar a cabo esta caracterización fue necesario iniciar con la obtención de la materia prima, la cual se obtuvo de la finca el Cacaotal, la cual se encuentra ubicada en Samayac, Suchitepéquez, la materia prima proporcionada fue recolectada cuando el fruto estaba maduro, es decir de color negro, ya que según estudios realizados este es el punto cuando se presenta mayor concentración de  $\alpha$ -solanina. Al recolectar la materia prima fue puesta a secar en un secador solar, tratando de conservar todas sus características farmacológicas.

Teniendo la materia prima seca se inicia con los análisis de calidad de materia prima:

### 5.1 Materia extraña

Se inicia con este análisis ya que se debe evitar que cualquier elemento ajeno a la planta como insectos, tierra o cualquier parte de otra planta interfiera en el estudio y altere el resultado final, es por esto que en la tabla X de la sección de resultados se observa un valor de porcentaje en peso menor a uno esto indica que las condiciones de la materia prima son aceptables según las especificaciones de la Farmacopea Española.

## **5.2 Análisis de cenizas**

El análisis de cenizas permite conocer a través del porcentaje en peso de cenizas si la materia prima contiene mucha o poca cantidad de minerales que adulteran la droga vegetal, en la tabla X de la sección de resultados es posible observar que el porcentaje en peso de las cenizas de la muestra de *Solanum americanum* es bastante alto por lo que la cantidad de minerales que este posee y no son de fácil combustión puede afectar en la obtención de los resultados.

## **5.3 Análisis de humedad**

El análisis de la humedad de la materia prima muestra no solo el contenido de agua, sino de toda materia volátil que se elimine por calentamiento, esto conduce a la pérdida de peso de la muestra y el método utilizado para esto es la termogravimetría. En la tabla X se presenta el porcentaje de humedad de la muestra este valor es aceptable ya que se encuentra entre los rangos permisibles de 8 y 12%.

Con estas pruebas realizadas se puede determinar que la materia prima con la cual se realizaron los análisis de las tinturas y extractos presenta un alto grado de calidad.

Determinada la calidad de la materia prima es posible establecer que esta cumple con los estándares establecidos para llevar a cabo el análisis.

Una vez realizado esto fue posible iniciar con la preparación de las tinturas y extractos, para esto se inicio con determinar el disolvente por del cual se podía extraer mayor cantidad de sólidos totales, llegando a la conclusión que una proporción de 50% de etanol y 50% de agua era la indicada por lo que concluyendo esto se realizaron las tinturas 1:5 y 1:10 así como los extractos 1:1, 2:1, 4:1 y 8:1.

Como el fin de este trabajo de tesis es caracterizar tanto los extractos como las tinturas del *Solanum americanum*, fue posible iniciar con los análisis fisicoquímicos de estos.

#### **5.4 Análisis de pH**

Para el análisis de pH en la tabla XI es posible observar los valores de éste obtenidos, como se ve tanto los extractos como las tinturas presentan un valor de pH ligeramente neutro. En las tablas XXI y XXII de la sección de resultados se observa el análisis estadístico del pH en donde es posible determinar que tanto entre los valores de las tinturas no existe diferencia entre los valores de pH y en los extractos al realizar su análisis estadístico este no presento deferencia entre los valores de pH ahora bien entre los valores de las tinturas y los extractos estos si presentaron diferencia entre los valores de pH.

#### **5.5 Análisis de densidad**

Los valores de densidad se presenta en la tabla XI , aquí es posible observar que las tinturas presentan un valor más alto de densidad que los extractos, lo cual es corroborado en las tablas XIX y XXX en donde presenta que entre los valores de las tinturas no existe diferencia así como entre los valores de los extractos, pero al relacionarlos entre si, es posible determinar que entre ellos existe una diferencia marcada, por lo que son no concluyentes, fácilmente observable en los gráficos 1 y 2 en donde las probabilidad de la distribución de la función están en el rango

#### **5.6 Análisis de sólidos totales**

En la tabla XI es posible observar los valores de sólidos totales presentes tanto en las tinturas como en los extractos, es fácil determinar que a mayora concentración mayor cantidad de sólidos totales presentes en la muestra, ahora bien en el análisis estadístico presentado en las tablas XXIII y XXIV muestra que existe diferencia entre la cantidad de sólidos totales



presentes en las tinturas, así como una diferencia entre la cantidad de sólidos totales presentes en los extractos.

### **5.7 Cromatografía en capa fina**

Para el caso específico de los extractos y tinturas se realizó el análisis de cromatografía en capa fina para la determinación de metabolitos presentes en la planta. Los metabolitos analizados se pueden observar en la tabla XII. Para el análisis de alcaloides se utilizó como referencia la antropina, la papaverina y la reserpina, al realizar el análisis y utilizar el revelador se observó que tanto los extractos como las tinturas no poseían alcaloides, es decir marcas de color naranja al UV y al realizar la prueba en tubos para alcaloides esta determinó que no había presencia. Ahora bien para las saponinas se utilizaron como estándares 20-Hidroxiecdisona y saponinas al 1% al realizar la prueba y aplicarle el revelador determino que si existe presencia de saponinas tanto en las tinturas como en los extractos confirmándose este resultado con las pruebas a tubo.

### **5.8 Cuantificación de saponinas**

Como ya es sabido los dos agentes activos en el macuy (*Solanum americanum*) es la  $\alpha$ -solanina y la cantalosaponina, como el fin de este trabajo de tesis es determinar si tanto los extractos como las tinturas presentan actividad antifúngica, es necesario cuantificar la cantidad de saponinas presentes en las muestras. Para esto se utilizó un método el cual por medio de una formula matemática y midiendo la absorbancia de la muestra es posible cuantificar el porcentaje de saponinas presente. La cantidad de saponinas encontradas en las tinturas aumentaba con la concentración de esta, lo mismo que ocurría con los extractos, los cuales conforme aumentaba su concentración aumentaba su porcentaje de saponinas.

Es posible determinar por lo anterior que tanto los extractos como las tinturas poseen un alto contenido de saponinas, por lo que se puede decir

que la cantidad de saponinas es proporcional a la concentración de la muestra.

### **5.9 Análisis microbiológico**

A la muestra de (*Solanum americanum*) al iniciar el proceso se le realizó una análisis de presencia de *Escherichia coli* en la muestra, al realizar este análisis se concluyó que si tenía presencia, pero conforme transcurrió el proceso esta fue eliminada.

Ahora bien ya que se tenían todos los análisis fisicoquímicos y fármaco botánicos se procedió a determinar si alguno de los extractos o tinturas presentaban actividad antifúngica contra la *Candida albicans* al realizar este análisis se determinó que ninguno de estos presentaba actividad contra esta, a pesar de que al realizar la cuantificación de saponinas tanto los extractos como las tinturas presentaron porcentajes altos, puede existir la posibilidad que la  $\alpha$ -solanina se transformo en alguna parte del proceso y ya no es activo razón por la cual pudo no haber presentado actividad.

### **5.10 Antiespumantes**

Debido a que la forma de obtención de los extractos se realiza por medio de un rotavapor y para llevar a la concentración necesaria se hace por medio de una diferencia de presiones, al llegar al punto crítico en donde se debe extraer el agua las saponinas no permiten bajar la presión por lo que la utilización de un antiespumante como el octano, rompen la tensión superficial de las burbujas y permite la disminución de presión y alcanzar así la concentración deseada.

### **5.11 Factores concluyentes**

Después de todo lo expuesto anteriormente y basados en todos los datos obtenidos experimentalmente se obtiene como resultado que sí existe una diferencia entre las propiedades fisicoquímicas de los extractos y tinturas. A la vez se pudo determinar que el macuy posee altos porcentajes de saponinas, pero las tinturas 1: 5 y 1:10 y los extractos fluido, blando, duro y seco realizados no poseen actividad antifúngica contra la *Candida albicans*.

Tomando en cuenta los análisis realizados se llega a la caracterización de las propiedades del macuy (*Solanum americanum*) como producto fitofarmacéutico.

## CONCLUSIONES

1. Tanto los porcentajes de humedad como la cantidad de cenizas presente en las muestras de *Solanum americanum*, se encuentran entre los rangos permisibles presentados por la Farmacopea Española.
2. Existe diferencia significativa entre las propiedades fisicoquímicas (densidad y sólidos totales) de los extractos fluido, blando, duro y seco.
3. Existe diferencia significativa entre las propiedades fisicoquímicas (densidad y sólidos totales) para las tinturas.
4. La concentración, ya sea de los extractos o tinturas que se realicen, es proporcional a la cantidad de sólidos totales presentes en la muestra.
5. Tanto los extractos como las tinturas de *Solanum americanum* no demuestran la presencia de alcaloides, presentan un alto contenido de saponinas y los taninos únicamente poseen compuestos fenólicos.
6. Se probó una metodología para determinación cuantitativa de saponinas que está en proceso de validación.
7. En función de la concentración de saponinas, se determinó que es proporcional a la concentración de los extractos o tinturas.

8. Se pudo determinar que tanto los extractos como las tinturas no poseen actividad antifúngica contra la *Candida albicans*.

## RECOMENDACIONES

1. Implementar nuevas variables de proceso para la caracterización de extractos y tinturas de *Solanum americanum*, como el uso de materia prima con cultivo controlado en diferentes regiones del país, diferentes altitudes para determinar si alguna de éstas presenta actividad antifúngica.
2. Realizar investigaciones conjuntas entre las facultades de Agronomía, Farmacia e Ingeniería, para lograr la estandarización de la planta para el uso fitofarmacéutico con fines industriales.
3. Al realizar el estudio a nivel planta piloto, es necesario determinar adecuadamente el método de concentración, ya que el contenido de saponinas puede afectar el proceso de concentración para la obtención de las tinturas o extractos necesarios.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta, Lerida. **Cultivo de plantas medicinales**. Editorial Científico, Colombia 1992, pp.11-25.
2. Agitan, Jone. **Antiespumantes**. Estados Unidos 2002, pp. 2-15.
3. Cáceres, Armando. **Manual de caracterización y análisis de drogas vegetales y productos fitoterapéuticos**. Guatemala 2005 pp. 44-65,66-69.
4. Cáceres, Armando. **Plantas de uso medicinal en Guatemala**. Guatemala: Editorial Universitaria, 1996, pp. 310-315.
5. Cáceres, Armando y Lidia M. Girón. **Técnicas básicas para el cultivo y procesamientos de plantas medicinales**. Guatemala: 2000, Centro Mesoamericano de Estudios sobre Tecnología Apropriada, pp. 82-85, 134-141.
6. Cáceres, Armando, Martínez José y Bernal Henry. **Fundamentos de cultivo de plantas medicinales Iberoamericanas**. Colombia, 2000 CYTED, pp. 61-76.
7. Gatusso, Martha. **Analytical Micrographic Characters**. Guatemala 2005, pp. 30-32.
8. Geankopolis, C.J. **Procesos de transporte y operaciones unitarias**. México 1998, Editorial CECSA, pp. Capitulo 9.
9. Kira, R. **Enciclopedia de tecnología química**. México: Unión Tipográfica 1961.
10. LIPRONAT. **Manual de operaciones 2005**.
11. Macuy, *Solanum americanum*. : [http://: www.hear.org](http://www.hear.org), Guatemala 2005.
12. Ocampo, Rafael. **Domesticación de plantas medicinales en Centroamérica**. Costa Rica 1994, Centro agrónomo tropical de investigación y enseñanza, pp.108-11,112-116.



13. Perry Robert. **Manual del ingeniero químico**. México: Editorial MacGraw-Hill, 1999.
14. Sharapin, Nikolai. **Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos**, Colombia 2000, CYTED, pp.27-7071-155.
15. Walpole, Ronald. **Probabilidad y estadística**, México 1997 McGraw-Hill, pp:485-493.
16. Ingrove, Alan. **Química orgánica**, México 2000, Oxford, pp.450-471.

## BIBLIOGRAFÍA

- Arekle,O, Heywood, V. **Conservation of medical plants**, Universidad de Cambridge 1991.
- Extractos. **Extractos vegetales:** [www.extractosvegetales.com.htm](http://www.extractosvegetales.com.htm).
- **ESCOPE:** [www.escope.com](http://www.escope.com)
- Fitoterapia, **Revista de Fitoterapia:** [www.fitoterapia.net](http://www.fitoterapia.net)
- **Herb Research Foundation:** [www.herbs.org](http://www.herbs.org)
- Jackson, B. **Atlas of microscopy of medicinal plants, culinary herbs and spices**. Boca Ratón 2000, CRC Press.
- Kuklinski, C. **Estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural**. Farmacognosia, Barcelona: Editorial Omega 2000.
- Mayou, J. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. Washington 1999, APHA.
- **Real farmacopea española**. Madrid: Ministerio de sanidad y consumo, segunda edición 2000.
- WHO. **Quality control methods for medical plan materials**. Génova, 1998.

## APÉNDICE A: DATOS ORIGINALES

### 1. Mejor disolvente

**Tabla XXVII. Determinación del mejor disolvente**

Solución al 30%			Solución al 50%			Solución al 70%				
Tara inicial en gramos	Tara final en gramos	Sólidos totales	Tara inicial en gramos	Tara final en gramos	Sólidos totales	Tara inicial en gramos	Tara final en gramos	Sólidos totales		
82.424	82.873	0.449	33.168	33.654	0.486	33.168	33.598	0.43		
28.584	29.019	0.439	34.741	35.225	0.484	34.737	35.186	0.449		
33.089	33.526	0.444	32.487	32.961	0.474	32.488	32.942	0.454		
29.304	29.784	0.437	33.918	34.415	0.497	33.916	34.385	0.469		
32.665	33.102	0.444	29.836	30.338	0.502	32.663	33.131	0.468		
33.298	33.742	0.54	24.64	25.114	0.474	33.299	33.767	0.468		
40.663	41.203	0.536	23.26	23.739	0.474	40.633	41.11	0.447		
34.487	35.023	0.483	40.963	41.477	0.479	34.485	34.937	0.452		
28.733	28.733	0.444	21.472	21.966	0.514	34.664	35.101	0.437		
<b>Media</b>		<b>0.468</b>		<b>Media</b>		<b>0.489</b>		<b>Media</b>		<b>0.45</b>

El mejor disolvente es la solución al 50%

### 2. Calidad de la materia prima

Los datos originales son los siguientes:

#### 2.1 Cenizas

**Tabla XXVIII. Peso en gramos de la cápsula con las cenizas de la materia prima de *Solanum americanum***

Tara inicial	Tara final
19.344	19.437
18.749	18.873
18.224	18.348

## 2.2 Materia extraña

Tabla XXIX. Peso en gramos del contenido de materia extraña

Materia extraña	Peso en gramos
Tallo extraño	0.063
Fruto verde	0.062
Fruto verde con tallo	0.234
Flor extraña	0.008
Hoja extraña	0.053
Semilla extraña	0.061

## 2.3 Humedad

Tabla XXX. Datos originales para la obtención de porcentaje de humedad

Tara inicial en gramos	Tara final en gramos
33.811	34.709
41.176	42.086
40.092	40.99

## 2.4 Densidad

Tabla XXXI. Datos originales para la obtención de la densidad de las tinturas 1: 5 y 1: 10 para las muestras de *Solanum americanum*

Tara de picnómetro vacío en gramos	Tintura 1:5			Tintura 1:10			
	Tara muestra A	Tara muestra B	Tara muestra C	Tara de picnómetro vacío en gramos	Tara muestra A	Tara muestra B	Tara muestra C
31.255	40.475	40.355	40.427	31.255	40.6	40.427	40.595
31.255	40.471	40.354	40.423	31.255	40.58	40.427	40.584
31.255	40.471	40.35	40.419	31.255	40.58	40.414	40.579

**Tabla XXXII. Datos originales para la obtención de la densidad de los extractos para las muestras de *Solanum americanum***

Extracto	Tara de picnómetro en gramos	Muestra A en gramos	Muestra B en gramos	Muestra C en gramos
1/1	31.255	40.488	40.487	40.483
	31.255	40.481	40.488	40.484
	31.255	40.485	40.485	40.488
2/1	31.255	40.598	40.595	40.599
	31.255	40.597	40.593	40.596
	31.255	40.598	40.594	40.596

## 2.5 pH

**Tabla XXXIII. Datos originales para la obtención de pH de las tinturas 1: 5 y 1: 10 para las muestras de *Solanum americanum***

Tintura	Muestra A	Muestra B	Muestra C
1:5	6.66	6.69	6.68
	6.66	6.67	6.64
	6.68	6.68	6.67
1:10	6.63	6.67	6.6
	6.62	6.69	6.6
	6.64	6.65	6.68

**Tabla XXXIV. Datos originales para la obtención de pH de los extractos para las muestras de *Solanum americanum***

Extracto	Muestra A	Muestra B	Muestra C
1/1	6.66	6.63	6.66
	6.65	6.67	6.64
	6.68	6.68	6.67
2/1	6.61	6.67	6.65
	6.62	6.68	6.6
	6.59	6.65	6.68

## 2.6 Sólidos totales

**Tabla XXXV. Datos originales para la obtención de sólidos totales de las tinturas 1: 5 y 1: 10 para las muestras de *Solanum americanum***

	Tintura 1:5			Tintura 1:10	
Tara inicial en gramos	Tara final en gramos	Sólidos totales	Tara inicial en gramos	Tara final en gramos	Sólidos totales
33.168	34.044	0.876	33.902	34.326	0.406
34.739	35.627	0.888	32.668	33.072	0.404
33.086	33.953	0.867	33.295	33.712	0.417
32.486	33.37	0.884	40.665	41.068	0.403
33.916	34.803	0.887	34.487	34.903	0.416
32.664	33.504	0.876	33.089	33.491	0.402
33.295	34.147	0.852	82.425	82.835	0.41
40.662	41.503	0.841	73.248	73.516	0.268
34.485	35.313	0.828	29.82	30.22	0.4
	<b>Media</b>	<b>0.865</b>		<b>Media</b>	<b>0.4</b>

**Tabla XXXVI. Datos originales para la obtención de sólidos totales de los extractos para las muestras de *Solanum americanum***

Extracto	Tara inicial en gramos	Tara final en gramos	Sólidos totales
1/1	73.258	77.948	4.69
	29.832	34.531	4.699
	28.579	33.274	4.695
	29.348	34.964	5.616
2/1	19.319	24.92	5.601
4/1	19.246	25.856	5.61
	36.019	53.573	17.554
	33.526	51.348	17.882
	34.976	52.06	17.084

### 3. Cuantificación de saponinas

**Tabla XXXVII. Absorbancia de las tinturas 1: 5 y 1: 10 para las muestras de *Solanum americanum***

	Tintura 1:5			Tintura 1:10		
M1	M2	M3	M1	M2	M3	
0.025	0.0253	0.0234	0.0388	0.038	0.038	
0.0248	0.024	0.0239	0.0383	0.0379	0.0375	
0.0247	0.0233	0.0244	0.038	0.0377	0.0374	

Absorbancia medida es nm

**Tabla XXXVIII. Absorbancia de los extractos para las muestras de *Solanum americanum***

	Extracto 1/1			Extracto 2/1			Extracto 4/1			Extracto 8/1		
M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	
0.058	0.0566	0.0595	0.0707	0.0715	0.071	0.081	0.0815	0.0815	0.0932	0.0934	0.0931	
0.0579	0.0579	0.0593	0.0706	0.0714	0.0708	0.0808	0.0814	0.0815	0.0932	0.0929	0.093	
0.0577	0.0595	0.059	0.0701	0.0709	0.0707	0.0807	0.0812	0.0813	0.093	0.0925	0.0925	

Absorbancia medida es nm

## APÉNDICE B: MUESTRA DE CÁLCULO

### 1. Materia Extraña

$$\frac{g.demateriaextraña * 100\%}{100g} = \%MateriaExtraña. (ecc. 1)$$

Entonces:

Si en la muestra se obtuvieron 0.425g de materia extraña para obtener el porcentaje de materia extraña se obtiene:

$$\frac{0.425g * 100\%}{100g} = 0.425\%MateriaExtraña.$$

### 2. Sólidos extraíbles.

Calcular el resultado como porcentaje en g/dL de la manera siguiente:

#### 1. Determinar la cantidad de sólidos depositados en la cápsula:

$$\text{Tara de cápsula con depósito de sólidos} - \text{Tara de cápsula vacía} = \text{Cantidad de sólidos depositados.}$$

#### 2. Determinar una media de la cantidad de sólidos por triplicado:

$$\frac{\sum(\text{sólidos depositados})}{3} = \text{promediodesólidos} (ecc. 2)$$

#### 3. Determinar el porcentaje de sólidos:

$$\frac{\text{promediodesólidos} * 100}{25mL} * 4 = \%desólidosg / dL. (ecc. 3)$$

Entonces para una muestra de extracto 1/1 se procede de la siguiente manera:



1. Determinar la cantidad de sólidos depositados en la cápsula:

$$34.806 - 34.491g = 0.315g.$$

2. Determinar una media de la cantidad de sólidos por triplicado:

$$\frac{\sum (0.315 + 0.298 + 0.307)}{3} = 0.306g$$

3. Determinar el porcentaje de sólidos:

$$\frac{0.306 * 100}{25mL} * 4 = 4.89\% \text{ de sólidos } g / dL.$$

1. Porcentaje de humedad

Para ésto se procede a determinar el porcentaje de humedad de la manera siguiente:

$$100 - \left[ \left[ \frac{TaraTotal - TaraCápsula}{TaraMuestra} \right] * 100 \right] = \% Humedad \text{ (ecc. 4)}$$

Entonces la obtención del porcentaje de humedad es:

$$100 - \left[ \left[ \frac{34.709g - 33.811}{1} \right] * 100 \right] = 10.2\% Humedad$$

4. Porcentaje de Cenizas

Para determinar el porcentaje de cenizas se aplica la ecuación:

$$\frac{(TaraCrisol + Muestra) - (TaraCrisol)}{TaraMuestra} * 100 = \% Ceniza \text{ (ecc. 5)}$$

Entonces el porcentaje de cenizas para la muestra será:

$$\frac{(18.348) - (18.224)}{1} * 100 = 12.4\% Ceniza$$

5. Densidad

Determinar la densidad de la manera siguiente:

$$\frac{(Tara\ Picnómetro\ Vacío - Tara\ Muestra)}{9.999mL} = Densidad\ Muestra \text{ (ecc. 6)}$$

Por lo que para determinar la densidad de la muestra se procede:

$$\frac{(31.225g - 40.475g)}{9.999mL} = 0.922g / mL\ Densidad\ Muestra$$

6. Rf de la cromatografía en capa fina

Se calcula de la manera:

$$Rf = \frac{Dis\ tan\ cia\ Re\ corrida\ Sus\ tan\ cia}{Dis\ tan\ cia\ Re\ corrida\ Disolvente} \text{ (ecc. 7)}$$

Por lo que para determinar el valor de Rf de la muestra se procede:

Se calcula de la manera:

$$9.43e^{-2} = \frac{0.63cm}{6.73cm}$$

1. Análisis estadístico

Tabla ANDEVA

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrados medios	f calculada
Tratamientos	SSA	K-1	$S_1^2 = \frac{SSA}{k-1}$	$S_1^2/S^2$
Error	SSE	K (n-1)	$S^2 = \frac{SSE}{K (n-1)}$	
Total	SST	Nj-1		

Donde

SST = se calcula de la siguiente forma:

$$\sum Y^2 - Y_i/n = SST \text{ (ecc. 8)}$$

SSA = se calcula de la siguiente forma:

$$\sum Y^2 - Y_i/n = SSA \text{ (ecc. 9)}$$

SSE = se calcula de la siguiente forma

$$SST - Ssa = SSE \text{ (ecc. 10)}$$

Entonces:

Para la densidad de las tinturas 1: 5 y 1: 10 se tienen los siguientes datos:

Tabla

Densidad en g/ mL		
	1-5	1-10
m1	0.9124	0.9095
m2	0.9187	0.9253
m3	0.932	0.9254

Observaciones 3

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.000112888	0.000112888	1.2922	0.459309413
Residuos	1	8.73591E-05	8.73591E-05		
Total	2	0.000200247			

La F tabulada se busca en la tabla para un nivel de confianza del 95%, es decir con  $\alpha = 0.05$ , grados de libertad de tratamiento = 2 y grados de libertad de error = 6.

Por lo que la regla de decisión:  $F_{calculada} > F_{tabulada}$ , si es sí se rechaza la  $H_0$  y si es no se acepta  $H_0$ , pero en este caso  $F_{calculada}$  es mayor que la  $F_{tabulada}$ , por lo que sí hay diferencia entre las densidades de las tinturas 1: 5 y 1: 10.

## APÉNDICE C: DATOS CALCULADOS

### 1. Cenizas

Tabla XXXIX. Porcentaje en peso de las cenizas de la materia prima de *Solanum americanum*

Tara inicial	Tara final	Porcentaje de Cenizas
19.344	19.437	12.4
18.749	18.873	12.4
18.224	18.348	12.2

### 2. Humedad

Tabla XL. Porcentaje de humedad de la materia prima de *Solanum americanum*

Tara inicial en gramos	tara final en gramos	Porcentaje de humedad
33.811	34.709	9.5
41.176	42.086	9.2
40.092	40.99	9

### 3. Densidad

**Tabla XLI. Valores de densidad en g/ mL de las tinturas 1: 5 y 1: 10 para las muestras de *Solanum americanum***

Tintura	Tara de picnómetro en gramos	Muestra A en gramos	Densidad en g/m	Muestra B en gramos	Densidad en g/m	Muestra C en gramos	Densidad en g/ mL
1:5	31.255	40.475	0.922	40.355	0.9	40.427	0.903
	31.255	40.471	0.921	40.354	0.899	40.423	0.903
	31.255	40.471	0.921	40.35	0.899	40.419	0.903
1:10	31.255	40.598	0.91	40.427	0.919	40.595	0.907
	31.255	40.584	0.909	40.427	0.911	40.584	0.903
	31.255	40.578	0.908	40.414	0.908	40.579	0.903

**Tabla XLII. Valores de densidad en g/ mL de los extractos para las muestras de *Solanum americanum***

Extracto	Tara de picnómetro en gramos	Muestra A en gramos	Densidad en g/m	Muestra B en gramos	Densidad en g/m	Muestra C en gramos	Densidad en g/ mL
1/1	31.255	40.488	0.92	40.487	0.908	40.483	0.908
	31.255	40.481	0.919	40.488	0.906	40.484	0.905
	31.255	40.485	0.912	40.485	0.91	40.488	0.913
2/1	31.255	40.598	0.906	40.595	0.911	40.599	0.916
	31.255	40.597	0.912	40.593	0.911	40.596	0.911
	31.255	40.598	0.914	40.594	0.913	40.596	0.91

### 4. pH

**Tabla XLIII. Valores de pH de las tinturas 1: 5 y 1: 10 para las muestras de *Solanum americanum***

Tintura	Muestra A	Muestra B	Muestra C
1:5	6.66	6.69	6.68
	6.66	6.67	6.64
	6.68	6.68	6.67
1:10	6.63	6.67	6.6
	6.62	6.69	6.6
	6.64	6.65	6.68

**Tabla XLIV. Valores de pH de los extractos para las muestras de *Solanum americanum***

Extracto	Muestra A	Muestra B	Muestra C
1/1	6.66	6.63	6.66
	6.65	6.67	6.64
	6.68	6.68	6.67
2/1	6.61	6.67	6.65
	6.62	6.68	6.6
	6.59	6.65	6.68

### 5. Sólidos totales

**Tabla XLV. Valores para la obtención de sólidos totales de las tinturas 1: 5 y 1: 10 para las muestras de *Solanum americanum***

	Tintura 1:5			Tintura 1:10	
Tara inicial en gramos	Tara final en gramos	Sólidos totales	Tara inicial en gramos	Tara final en gramos	Sólidos totales
33.168	34.044	0.876	33.902	34.326	0.406
34.739	35.627	0.888	32.668	33.072	0.404
33.086	33.953	0.867	33.295	33.712	0.417
32.486	33.37	0.884	40.665	41.068	0.403
33.916	34.803	0.887	34.487	34.903	0.416
32.664	33.504	0.876	33.089	33.491	0.402
33.295	34.147	0.852	82.425	82.835	0.41
40.662	41.503	0.841	73.248	73.516	0.268
34.485	35.313	0.828	29.82	30.22	0.4
	<b>Media</b>	<b>0.865</b>		<b>Media</b>	<b>0.4</b>

**Tabla XLVI. Valores para la obtención de sólidos totales de los extractos para las muestras de *Solanum americanum***

Extracto	Tara inicial en gramos	Tara final en gramos	Sólidos totales
1/1	73.258	77.948	4.69
	29.832	34.531	4.699
	28.579	33.274	4.695
	29.348	34.964	5.616
2/1	19.319	24.92	5.601
	19.246	25.856	5.61
4/1	36.019	53.573	17.554
	33.526	51.348	17.882
	34.976	52.06	17.084

## 6. Cuantificación de Saponinas

**Tabla XLVII. Absorbancia de las tinturas 1: 5 y 1: 10 para las muestras de *Solanum americanum***

Tintura 1:5			Tintura 1:10		
M1	M2	M3	M1	M2	M3
0.025	0.0253	0.0234	0.0388	0.038	0.038
0.0248	0.024	0.0239	0.0383	0.0379	0.0375
0.0247	0.0233	0.0244	0.038	0.0377	0.0374

Absorbancia medida es nm

**Tabla XLVIII. Absorbancia de los extractos para las muestras de *Solanum americanum***

Extracto 1/1			Extracto 2/1			Extracto 4/1			Extracto 8/1		
M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3	M1	M2	M3
0.058	0.0566	0.0595	0.0707	0.0715	0.071	0.081	0.0815	0.0815	0.0932	0.0934	0.0931
0.0579	0.0579	0.0593	0.0706	0.0714	0.0708	0.0808	0.0814	0.0815	0.0932	0.0929	0.093
0.0577	0.0595	0.059	0.0701	0.0709	0.0707	0.0807	0.0812	0.0813	0.093	0.0925	0.0925

Absorbancia medida es nm



## 7. Cromatografía en capa fina

**Tabla XLIX. Valores de Rf para la determinación de saponinas en tinturas hechas de *Solanum americanum***

		Muestra	Altura en cm	Altura valor estándar en cm	Rf Muestra	Rf Estándar
<b>Tinturas</b>	1-5	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19
	1-10	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19

**Tabla L. Valores de Rf para la determinación de saponinas en extractos hechos de *Solanum americanum***

		Muestra	Altura	Altura valor estándar	Rf Muestra	Rf Estándar
<b>Extractos</b>	Fluido	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19
	Blando	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19
	Duro	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19
	Seco	1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19
		3	0.63	1.27	0.09	0.19
		1	0.63	1.27	0.09	0.19
		2	0.63	1.27	0.09	0.19

## 8. Análisis estadístico

**Tabla LI. ANDEVA para la evaluación de densidad de las tinturas 1:5 y 1:10 de la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.000112888	0.000112888	1.292225163	0.459309413
Residuos	1	8.73591E-05	8.73591E-05		
Total	2	0.000200247			

**Tabla LII. ANDEVA F para la evaluación de densidad de los extractos para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	1.92403E-05	1.92403E-05	0.415739	0.635410733
Residuos	1	4.62797E-05	4.62797E-05		
Total	2	6.552E-05			

**Tabla LIII. ANDEVA para la evaluación de pH de las tinturas para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	0.000266667	0.000266667	3.15E+19	1.13482E-10
Residuos	1	8.47352E-24	8.47352E-24		
Total	2	0.000266667			

**Tabla LIV. ANDEVA para la evaluación de pH de los extractos para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	1.66667E-05	1.66667E-05	0.333333	0.666666667
Residuos	1	5E-05	5E-05		
Total	2	6.66667E-05			

**Tabla LV. ANDEVA para la evaluación de sólidos totales de las tinturas para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	6.93551E-06	6.93551E-06	0.02967	0.891402535
Residuos	1	0.000233731	0.000233731		
Total	2	0.000240667			

**Tabla LVI. ANDEVA para la evaluación de sólidos totales de los extractos para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	8.16667E-06	8.16667E-06	1.8148148	0.406519728
Residuos	1	4.5E-06	4.5E-06		
Total	2	1.26667E-05			

**Tabla LVII. ANDEVA para la evaluación de cuantificación de saponinas de las tinturas para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	1	2.55413E-05	2.55413E-05	77441.33	0.00228766
Residuos	1	3.29815E-10	3.29815E-10		
Total	2	2.55417E-05			

**Tabla LVIII. ANDEVA para la evaluación de cuantificación de saponinas de los extractos para la muestra de *Solanum americanum***

	<i>Grados de libertad</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>
Regresión	2	0.037997003	0.018998502	2745.94	0.013492731
Residuos	1	6.91876E-06	6.91876E-06		
Total	3	0.038003922			