

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación de Extractos de *Solanum torvum* Swartz: Composición Fitoquímica,  
Química y Actividad Biológica

Por:

**JESÚS ROBERTO TAFOYA DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Mayo de 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación de Extractos de *Solanum torvum* Swartz: Composición Fitoquímica,  
Química y Actividad Biológica

Por:

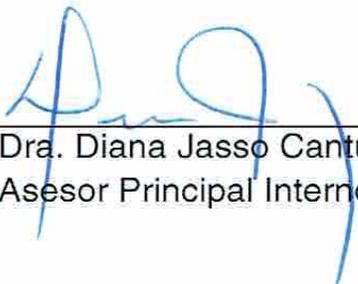
**JESÚS ROBERTO TAFOYA DÍAZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

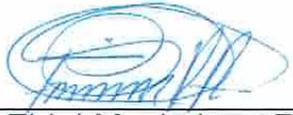
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dra. Diana Jasso Cantú  
Asesor Principal Interno

  
Dra. María de Lourdes Virginia  
Díaz Jiménez  
Asesor Principal Externo

  
Dra. Zlatina Asenova Genisheva  
Coasesor

  
M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía  
Saltillo, Coahuila, México

Mayo de 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por estar siempre en cada momento en mí vida y brindarme tranquilidad y felicidad a mí mismo, por ayudarme a poner mis pensamientos en orden y en tener la dicha de ser siempre una persona humilde.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), por brindarme los mejores maestros, sus instalaciones, su comedor y sobre todo por formarme profesionalmente. Además de encontrar valiosas amistades y porque en la estancia que pasé en ella comprendí que lo más valioso es la familia. Y por hacerme valorar "nuestra tierra, a respetarla, protegerla y amarla con mucha pasión profesional".

A la Dra. Diana Jasso Cantú por ser mi asesora de tesis, por sus tutorías, por todo su apoyo en este proyecto, además de su confianza, sus regaños, y mostrarme su forma de trabajo y sobre todo a ser responsable y organizado y trabajar con pasión en cualquier actividad.

A la Dra. María de Lourdes Díaz Jiménez por apoyarme con las instalaciones de su laboratorio en el Cinvestav, además por su apoyo en este proyecto y confianza y por ser mi coasesora de tesis.

A la Dra. Zlatina Asenova Genisheva por apoyarme en la investigación de este proyecto, ser mi coasesora de tesis, por su gran amistad y confianza.

Al Dr. Humberto De León Castillo por su clase de Fitomejoramiento y su amistad, por su atención a mis problemas en la materia, y por apoyarme a ser un buen estudiante.

Al Dr. José ángel Villareal Quintanilla por su apoyo y asesorías en mi formación académica.

A la Dra. María Liliana Flores López por su apoyo en todas mis dudas en el proyecto de tesis, por su gran amistad y confianza.

A la MC. Dennise Anahí Carrillo Lomelí por sus consejos para la estructura y presentación del presente proyecto de investigación y por su amistad.

A la Dra. Rebeca González Villegas por sus consejos y su amistad.

Al MC. Fidel Peña Ramos por su apoyo en el tema estadístico de este proyecto y su amistad.

Al equipo del laboratorio del Fitoquímica del Departamento de Fitomejoramiento de la UAAAN: a T.A. Olga Leticia Solís Hernández; T.A. Edith E. Chaires; T.A. María Guadalupe Moreno Esquivel; T.A. María Leticia Rodríguez González por el apoyo brindado para la obtención de los extractos y al C. Juan José Valenzuela Cabrera por su apoyo para la preparación de las platas para análisis. MUCHAS GRACIAS A TODOS.

## **AGRADECIMIENTOS**

### *A MÍ FAMILIA*

A mis queridos padres Angelina Díaz Concha y Roberto Tafoya Ortiz por haberme dado la oportunidad de estar en este mundo, por su amor su confianza y su apoyo económico que me permitió formarme profesionalmente.

A mis hermanos Anabel, Carlos y Manuel por su amor, comprensión regaños y por darme felicidad. A todos mis primos, tíos, a mis amigos Carlos, Miguel, Ramón, Roberto, Raúl, Rosa, Alfredo, Jesús, Gustavo, Iván, Daniel, María, Juvenal, Juan, Esperanza, gracias por su apoyo, consejos, por siempre estar ahí en cada momento.

### *A LA EMPRESA SEMMEX*

A María Trinidad Ruiz Pérez, así como a los Ing. Jorge Luis Ramírez, MC. Manuel Cárdenas, Ing. Jaime, Ing. Carlos, Ing. Gustavo, Araceli y a Hilda por confiar en mí y darme la oportunidad de fortalecer mis conocimientos profesionales y a ser más competente en mi formación académica "MUCHAS GRACIAS".

### *A MARIELA*

Gracias por siempre estar conmigo, apoyarme en todo momento en mis decisiones, por tu cariño amor y comprensión.

## DEDICATORIA

*CON TODO MI AMOR HACIA MIS PADRES, LES DEDICO ESTA TESIS.*

Con todo mi amor y cariño a mis padres por siempre quererme, desde ese momento en que me dieron la vida, por tener siempre su cariño, por ayudarme en todo momento, por tener sus consejos, por tanto amor y confianza y por darme la educación que me permitirá salir adelante en mi vida, *MUCHAS GRACIAS MAMÁ Y PAPÁ "LOS QUIERO MUCHO"*.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>III</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>XI</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>XII</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>Justificación</b> .....	<b>2</b>
<b>Objetivo general</b> .....	<b>3</b>
<b>Objetivos específicos</b> .....	<b>3</b>
<b>HIPÓTESIS</b> .....	<b>3</b>
<b>II. REVISION DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
Compuestos fitoquímicos .....	4
Función de los metabolitos secundarios en la planta .....	5
Importancia de los metabolitos secundarios.....	6
Compuestos fenólicos .....	6
Terpenos .....	7
Actividad antioxidante.....	8
Glicósidos .....	9
Alcaloides .....	10
Plantas medicinales.....	13
Familia solanácea.....	14
<i>Solanum torvum</i> Swartz.....	15
Sinónimos de <i>S. torvum</i> .....	17
Clasificación taxonómica .....	17
Identificación y descripción.....	18
Origen y Distribución .....	19
Biología y ecología .....	20
Propiedades nutricionales .....	20
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>22</b>
Colecta de la planta .....	22

Identificación taxonómica .....	22
Obtención de Extractos .....	24
Determinación de contenido de fenoles totales (CFT).....	26
Determinación de actividad antioxidante (AA).....	27
Composición Química de <i>S. torvum</i> por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).....	28
Análisis estadísticos .....	29
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>30</b>
Identificación de la planta .....	30
Rendimiento de los extractos de <i>S. torvum</i> .....	30
<b>Composición fitoquímica .....</b>	<b>31</b>
Contenido de fenoles totales (CFT).....	31
Actividad antioxidante.....	33
<b>Composición química.....</b>	<b>34</b>
Composición Química de los extractos en etanol de <i>S. torvum</i> .....	34
Composición Química de los extractos en hexano de <i>S. torvum</i> .....	35
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>39</b>
<b>VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>
<b>VII. ANEXOS .....</b>	<b>49</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Eventos en los cuales los metabolitos secundarios se inducen durante la respuesta de defensa de las plantas.....	4
<b>Figura 2.</b> Estructuras de terpenoides con actividad biológica. Se muestran como ejemplos al hemiterpeno isopreno, el monoterpeno l-mentol, el triterpenoide cucurbitacina A, el diterpeno casbeno y al carotenoide b-caroteno.....	8
<b>Figura 3.</b> Estructuras de alcaloides con actividad biológica durante la respuesta de defensa de <i>Nicotiana tabacum</i> (nicotina), de miembros de la familia Papaveraceae (sanginarina), de la familia Berberidaceae (berberina), de plantas del género <i>Cytisus</i> (citisina) y de <i>Beta vulgaris</i> (betanina). ....	12
<b>Figura 4.</b> Diagrama de procedimiento general para la obtención de principios activos a partir de plantas medicinales (Villar del Fresno, 1999). ....	13
<b>Figura 5.</b> <i>Solanum torvum</i> Swartz in situ.....	16
<b>Figura 6.</b> Distribución de <i>S. torvum</i> . ....	20
<b>Figura 7.</b> Mapa del estado de Guanajuato México.....	23
<b>Figura 8.</b> Zonas de recolección de muestras de <i>S. torvum</i> , en la comunidad de Araziput Pénjamo Gto. México, representa los puntos de recolección de ramas con hojas. ....	24
<b>Figura 9.</b> Diapositiva de extracción Soxhlet. ....	25
<b>Figura 10.</b> Evaporador rotatorio Büchi LaboratoriumsTechnik. ....	26
<b>Figura 11.</b> Espectrofotómetro.....	27
<b>Figura 12.</b> Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.....	28
<b>Figura 13.</b> Rendimiento de extractos de hojas y ramas de <i>S. torvum</i> ; EAgH= extracto de hojas en agua, EMH= Extracto de hojas en metanol al 70%, EEH= Extracto de hojas en etanol, EACh= Extracto de hojas en acetona al 70%, EHeH= Extracto de hojas en hexano, EAgR= Extracto de ramas en agua, EMR= Extracto de ramas en metanol al 70%, EER= Extracto de ramas en etanol, EAChR= Extracto de ramas en acetona al 70%, EHeR= Extracto de ramas en hexano. Diferente letra indica diferencias significativas (Tukey $p < 0.05$ ).....	31
<b>Figura 14.</b> Recolección de muestra de hojas y ramas de <i>S. torvum</i> . ....	49

**Figura 15.** Floración de *S. torvum*..... 49

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Grupos de flavonoides más estudiados en relación con sus propiedades antioxidantes y algunos ejemplos de cada grupo.....	7
<b>Cuadro 2.</b> Tratamientos de los extractos de <i>S. torvum</i> considerados en el ANVA. .....	29
<b>Cuadro 3.</b> Análisis de varianza del rendimiento entres las extracciones con diferentes solventes de <i>S. torvum</i> .....	30
<b>Cuadro 4.</b> Análisis de varianza Contenido de fenoles totales .....	32
<b>Cuadro 5.</b> Contenido de fenoles totales (CFT) y actividad antioxidante de extractos de <i>S. torvum</i> .....	33
<b>Cuadro 6.</b> Análisis de varianza Actividad antioxidante.....	34
<b>Cuadro 7.</b> Composición química del extracto de etanol de hojas de <i>S. torvum</i> .....	35
<b>Cuadro 8.</b> Composición química del extracto de etanol de ramas de <i>S. torvum</i> .....	35
<b>Cuadro 9.</b> Composición química del extracto de hexano de hojas de <i>S. torvum</i> .....	36
<b>Cuadro 10.</b> Composición química del extracto de hexano de ramas de <i>S. torvum</i> .....	37

## RESUMEN

En la comunidad de Aratzipu de Pénjamo, en el estado de Guanajuato, México, los habitantes han consumido de forma tradicional el té de las hojas y ramas de *S. torvum* de nombre común "Sosa", para aliviar el dolor de cabeza, molestias estomacales, infecciones de genitales y para cicatrizar heridas (Testimonios de los habitantes de la comunidad Aratzipu, Pénjamo Guanajuato. México). Por lo anterior, los objetivos de la presente investigación fueron determinar la composición fitoquímica e identificar los compuestos químicos de 10 extractos de *S. torvum*, y así determinar la posible actividad biológica de la planta. Hojas y ramas se colectaron en la comunidad de Aratzipu en Pénjamo Guanajuato y se prepararon extractos de los tejidos en agua, acetona al 70%, etanol, metanol 70% y hexano. Se determinó el contenido de fenoles totales (CFT) y la actividad antioxidante, así como la identificación de compuestos por cromatografía de gases acoplados a masas (GC-MS). Los resultados mostraron que el mayor rendimiento se obtuvo con el extracto de hojas en agua con 22.04%, seguido del extracto de ramas con Metanol al 70% (19.01%). El mayor CFT, se obtuvo con los extractos de ramas y hojas con Acetona al 70%, con 154.12mg/100 mg y 152.25 mg/100 mg, respectivamente. Por otra parte, los extractos de hojas y ramas obtenidos con hexano no reportaron la presencia de contenido de fenoles. En cuanto a la actividad antioxidante, los extractos acuosos de las hojas y ramas de *S. torvum* reportaron los mayores porcentajes con 20.80% y 19.05%, respectivamente. Para los extractos de hojas y ramas en etanol, se identificaron cuatro compuestos químicos en cada uno de los extractos; y en los extractos de hojas y ramas en hexano se identificaron ocho y siete compuestos respectivamente. Por lo anterior, *S. torvum* posee compuestos fitoquímicos con interesantes actividades biológicas, lo cual permite su uso para elaborar productos naturales farmacológicos y agrícolas.

**Palabras clave:** *Solanum torvum*, contenido de fenoles totales, actividad antioxidante, composición química.

## I. INTRODUCCIÓN

Las plantas medicinales han sido usadas por el ser humano desde tiempos ancestrales, y es conocido que cada cultura ha atribuido un uso diferente para las diversas especies de plantas que habitan en las regiones adyacentes (Salaverry y Cabrera, 2014). Los conocimientos y los usos de las plantas medicinales hoy en día, son el resultado de los aprendizajes empíricos de nuestros ancestros, basados en el método de prueba y error (Estrada-Castillón et al., 2014).

En relación a variedad de plantas, México ocupa el cuarto lugar entre los países más ricos con una extensa variedad, esto es debido a las diversas zonas de clima, favorables para el amplio desarrollo de las plantas (Jasso de Rodríguez et al., 2011). Dentro de la variedad de especies que habitan en el país se encuentran las del género *Solanum*, el cual es el más extenso en la familia Solanaceae, con aproximadamente con 1500 especies (Weese y Bohs, 2007). Este género habita en climas templados y tropicales; y su principal uso es como fuente de alimento.

Sin embargo, este género también es conocido por sus diversas propiedades medicinales, entre ellas: su uso como estimulante cardiovascular, reducción de la presión arterial, así como para descomponer la acumulación de colesterol (Yousaf et al., 2006).

*S. torvum* Sw, comúnmente conocido como “Sosa”, es un arbusto de hasta 2.5 m de alto, ramificado y de hojas perene, con flores blancas y fruto ovalado (Gandhi et al., 2011). Esta planta posee actividades antimicrobial, antiviral, analgésica y anti-inflamatoria (Mohan et al., 2009). En medicina popular, *S. torvum* es ampliamente utilizada para tratar fiebre, hipertensión, así como problemas estomacales como la úlcera gástrica (Adjanohoun et al., 1996; Noumi y Dibakto, 2000). En el estado de Guanajuato, ubicado en el centro de México, los habitantes de la comunidad de Aratzipu de Pénjamo han consumido tradicionalmente las hojas y ramas "Sosa" en infusión. Este ha demostrado efecto

en el alivio de diversos malestares relacionados con la diabetes, así como dolor de cabeza, molestias estomacales, en el tratamiento de infecciones de genitales y como cicatrizante de heridas (Testimonios de los habitantes de la comunidad Aratzipu Pénjamo Guanajuato. México).

Una amplia variedad de compuestos han sido identificados en *S. torvum*, entre ellos compuestos fenólicos, y esteroides, como la solasoninas, además de torvogenina y clorogenina (Fayez y Saleh, 1967; Doepke et al., 1975). Por otra parte, se ha reportado que los extractos acuosos, etanólico, y metanólico de hojas, ramas y semillas, poseen un alto contenido de fenoles y flavonoides totales, así como una potente actividad antioxidante (Loganayaki et al., 2010; Waghulde et al., 2011).

Como puede observarse por los reportes encontrados, el estudio de esta planta no ha sido muy extenso. Así, por los estudios existentes, se propone investigar la fitoquímica, química y la actividad biológica de *S. torvum* por su importancia en los usos de los habitantes para aliviar o curar malestares y usos en la agricultura.

### **Justificación**

El presente trabajo de investigación surge de los escasos conocimientos y estudios sobre *S. torvum* en México para tratamientos naturales para el ser humano y las plantas, con menores efectos colaterales; considerando la importancia de realizar amplios estudios fitoquímicos que apoyen el uso de *S. torvum* en la agricultura y medicina.

Con base en los antecedentes mencionados, se establece lo siguiente:

### **Objetivo general**

Determinar la composición fitoquímica, química y actividad biológica de extractos de *S. torvum*.

### **Objetivos específicos**

1. Evaluar los rendimientos de los extractos de *S. torvum* con solventes de diferente polaridad.
2. Identificar los compuestos bioactivos de los diferentes extractos de *S. torvum*.
3. Determinar el contenido de fenoles totales de los extractos.
4. Determinar la actividad antioxidante de los extractos.
5. Analizar en base a los rendimientos la posible actividad biológica de *S. torvum*.

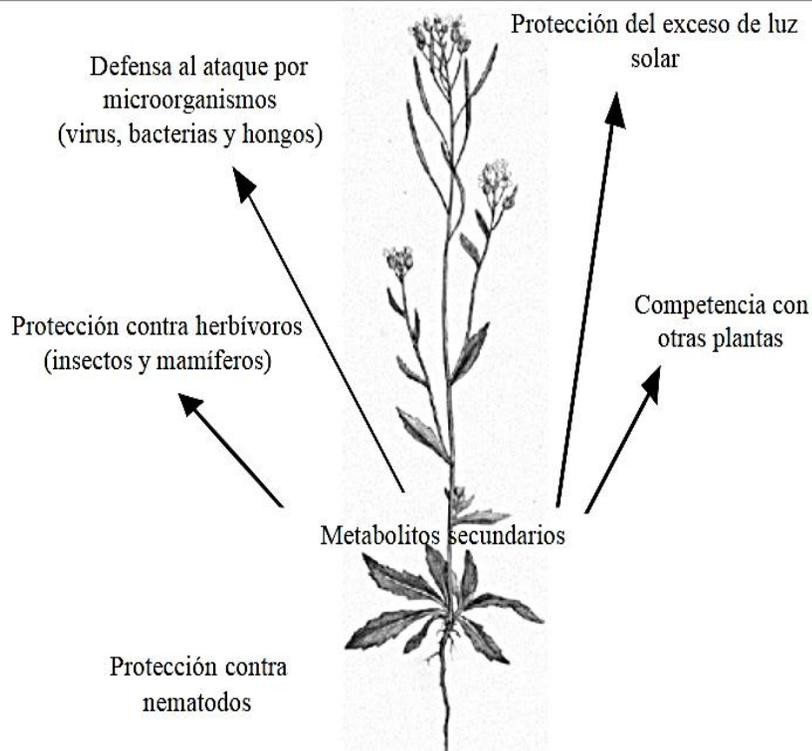
### **HIPÓTESIS**

Alguno de los extractos de *Solanum torvum* posee componentes fitoquímicos y químicos de interés para el uso de esta planta en farmacología y agricultura.

## II. REVISION DE LITERATURA

### Compuestos fitoquímicos

Fitoquímicos es el nombre con el que se le conoce a las sustancias que se encuentran en las plantas, haciendo referencia a los compuestos bioactivos, entre los cuales se encuentran principalmente los polifenoles, además de carotenoides, terpenoides y glicósidos (Chinou, 2008). La producción de estas sustancias, también llamadas metabolitos secundarios, depende de factores abióticos como temperatura, humedad y luz solar (Domínguez, 1973). Además, son conocidas por aportar a la planta estímulos de respuesta, como mecanismo de defensa contra diversos factores bióticos (Figura 1), además de actuar como mediadores (aleloquímicos) de funciones de la planta o de los organismos con los que interaccionan (Benzie y Strain, 1996; García y Carril, 2011).



**Figura 1.** Eventos en los cuales los metabolitos secundarios se inducen durante la respuesta de defensa de las plantas.

Por otra parte, una característica importante de los metabolitos secundarios es la distribución restringida, ya que existen algunos compuestos que pueden encontrarse en una sola especie y otros grupos relacionados, la mayoría de las veces localizándose en un órgano en específico o produciéndose en cierta etapa de vida de la planta (Evans, 2009). Es decir, algunos metabolitos secundarios cumplen una función ecológica específica, como atraer insectos para propagar el polen, así como a otros animales para consumir los frutos y se puedan diseminar sus semillas, además de actuar como pesticidas naturales a nivel sistémico (Colegate y Molyneux, 2007).

### **Función de los metabolitos secundarios en la planta**

Los metabolitos secundarios tienen funciones muy diversas y fundamentales para las plantas, entre ellas de señalización, modulación de la actividad celular, control de la actividad metabólica, además de estar implicados en relaciones ecológicas (Sepúlveda et al., 2003).

A nivel fisiológico participan formando parte de la estructura química de la molécula de clorofila o como precursores de sustancias del metabolismo primario sintetizando algunos compuestos. Por ejemplo, los compuestos terpénicos se sintetizan a partir del ácido abscísico y las giberelinas (dos importantes hormonas vegetales). A nivel ecológico, los metabolitos secundarios contribuyen a garantizar la sobrevivencia de las plantas como individuos (García y Carril, 2011). Entre los mecanismos de defensas, se combina el desarrollo de estructuras contra sus depredadores, tales como espinas, espigas, tricomas y pelos glandulares (Croteau et al., 2000).

Por otra parte se ha reportado que las diversas actividades biológicas de las plantas, tales como antioxidante, antimicrobiana, anti-inflamatoria, anti-obesidad, así como cicatrizante de heridas, entre otras, son atribuidas a los metabolitos secundarios (Jasso de Rodríguez et al., 2015, 2017; Choi et al., 2003; Gambóa-Gómez et al., 2015).

## **Importancia de los metabolitos secundarios**

Los metabolitos secundarios de las plantas tienen una gran importancia comercial, y han sido reportados con diversas actividades biológicas que permiten su uso en las industrias farmacéutica, alimenticia, de cosméticos y agroquímica (Karuppusamy, 2009). Esto hace que el estudio de los metabolitos presentes en las plantas sea un enorme reto, de ahí la necesidad de utilizar tecnologías diversas para su producción, caracterización e identificación ya que con ello, se avanza en la innovación de nuevos productos comerciales, con mayor interés por su origen vegetal (Pérez y Jiménez, 2011).

Es importante mencionar que la composición y distribución de ciertas clases de estos compuestos ha sido investigada en grupos particulares de plantas con el fin de encontrar relaciones biológicas que contribuyan a la delimitación y la ubicación de diferentes taxa, en un sistema de clasificación con resultados que permiten considerar a los perfiles de metabolitos secundarios como caracteres químicos valiosos en taxonomía (Sepúlveda et al., 2003)

## **Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos o polifenoles, representan uno de los grupos más numerosos de metabolitos secundarios en las plantas, siendo una familia de compuestos químicos que comprende ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, cumarinas, lignanos y taninos, entre otros (Shahidi y Ambigaipalan, 2015). Estos compuestos poseen un anillo aromático unido a uno o más sustituyentes hidroxilo libres o sustituidos (Azcón y Talón, 2008).

Los flavonoides son de gran importancia debido a sus funciones metabólicas y actividades biológicas reportadas, además de biosintetizarse en todas las plantas y tener diversas clases de compuestos (Cuadro 1) (Valencia, 1995).

**Cuadro 1.** Grupos de flavonoides más estudiados en relación con sus propiedades antioxidantes y algunos ejemplos de cada grupo

<b>Clase</b>	<b>Compuesto</b>
Flavonoles	Miricetina, Quercetina, Fisetina, Rutina, Kaempferol, Monohidroxiethylrutósido, Dihidroxiethylrutósido, Trihidroxiethylrutósido
Flavanonas	Naringenina, Naringina, Hesperetina, Hesperidina, Taxifolina
Flavonas	Apigenina, Diosmina, Luteolina
Flavanoles	(+)-Catequina, Epicatequina, Galocatequina
Antocianidinas	Cianidina, Pelargonidina, Malvidina

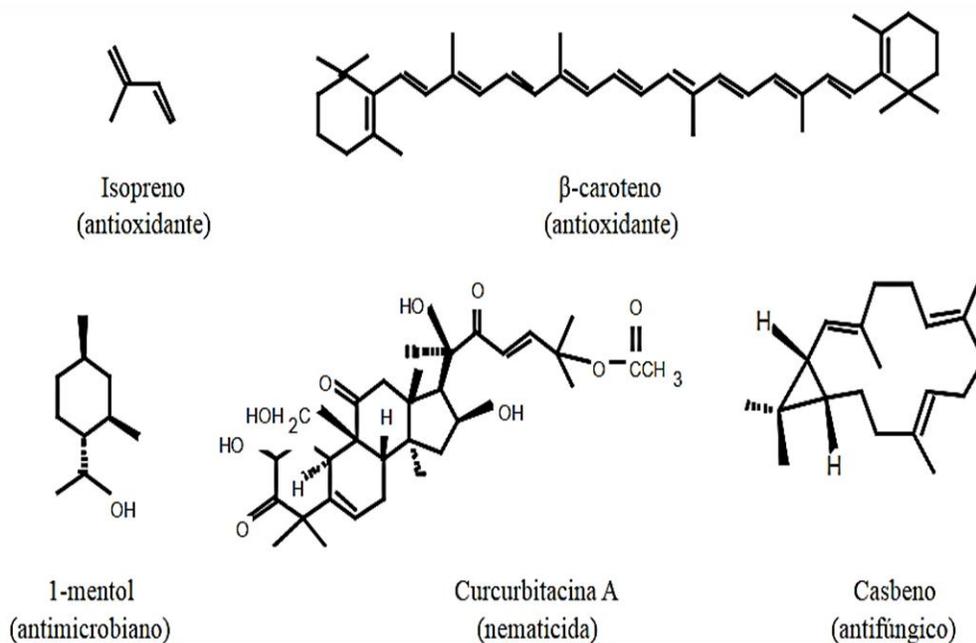
Butler (1992) reportó que las principales funciones de los fenoles en las células vegetales son las de actuar como metabolitos esenciales para el crecimiento y reproducción de las plantas.

En la actualidad este grupo de compuestos es de gran interés nutricional por su contribución al mantenimiento de la salud humana, además de sus propiedades beneficiosas, asociadas principalmente a la actividad antioxidante (Martínez-Valverde et al., 2000).

### **Terpenos**

Los terpenos son compuestos químicos que se potencializan durante la respuesta de defensa de las plantas que las producen y con gran variedad de actividad biológica, siendo los terpenoides uno de los grupos más estudiados (Eisenreich et al., 2001).

Algunos terpenos como el monoterpeno, tienen usos agrícolas y medicinales, por ejemplo: el mentol que es un antimicrobiano; el citronelal, que es un repelente de insectos y las piretrinas que funcionan como veneno del sistema nervioso de insectos. Los sesquiterpenos como la risitina, el lubiminade, el capsidiol, y el dihidroxicadaleño, son compuestos antimicrobianos, mientras que el poligodial inhibe la alimentación de insectos herbívoros, el diterpeno atractilósido inhibe la fosforilación oxidativa en mitocondrias, y el casbeno es un agente antifúngico. Logan et al. (2000) mencionan que los isoprenos que son protectores del daño causado por el ozono, las altas temperaturas y la foto-oxidación; y además actúan como antioxidantes (Figura 2).



**Figura 2.** Estructuras de terpenoides con actividad biológica. Se muestran como ejemplos al hemiterpeno isopreno, el monoterpeno l-mentol, el triterpenoide cucurbitacina A, el diterpeno casbeno y al carotenoide b-caroteno.

### Actividad antioxidante

La actividad antioxidante tiene interés desde un punto de vista tecnológico y nutricional (Berra et al., 1995), así los compuestos fenólicos intervienen como

antioxidantes naturales de los alimentos, por lo que la obtención y preparación de alimentos con un alto contenido de estos compuestos, supone una reducción en la utilización de aditivos antioxidantes, a la vez que se obtienen alimentos más saludables, que incluso pueden llegar a englobarse dentro de los alimentos funcionales. Desde un punto de vista nutricional, esta actividad antioxidante se asocia con su papel protector en las enfermedades cardiovasculares y en el cáncer así como en procesos de envejecimiento por lo que está siendo intensamente estudiado mediante ensayos "*in vivo*" e "*in vitro*" (Tsimidou, 1998).

En México, la NOM-043-SSA2 (2005) define el concepto antioxidante como "las sustancias que previenen la oxidación y ayudan a mantener la integridad celular inactivando a los radicales libres que puedan causar daño celular", entendiéndose como la pérdida de uno o más electrones de algunas moléculas, reportándose como sustancias que evitan la auto-oxidación natural de ciertos compuestos o moléculas (Alomar, 2007)

Trueba y Sánchez (2001) reportan que compuestos como los flavonoides poseen una gran capacidad antioxidante, esto debido a su estructura química. Además, la actividad antioxidante de los flavonoides resulta de una combinación de sus excelentes propiedades quelantes de hierro y secuestradoras de radicales libres, así como de la inhibición de oxidasas tales como la lipoxigenasa, la ciclooxigenasa, la mieloperoxidasa, la NADPH oxidasa y la xantina oxidasa (Xu et al., 1994).

## **Glicósidos**

Los glicósidos son metabolitos vegetales de gran importancia, siendo los de mayor interés: saponinas, glicósidos cardiacos y glicósidos cianogénicos (García y Carril, 2011). Su nombre hace referencia al enlace glicosídico que se forma cuando una molécula de azúcar se condensa con otra que contiene un grupo hidroxilo alcohólico (Valencia 1995).

Las saponinas se encuentran como glicósidos esteroideos, glicósidos esteroideos alcaloides o bien glicósidos triterpenos, y se pueden presentar como agliconas (García y Carril, 2011). Los glicósidos cardíacos o cardenólidos son semejantes a las saponinas esteroideas, tienen también propiedades detergentes, pero su estructura contiene una lactona. Los glicósidos cianogénicos son compuestos nitrogenados, que no son tóxicos por sí mismos pero se degradan cuando la planta es aplastada liberando sustancias volátiles tóxicas como cianuro de hidrógeno (García y Carril, 2011).

## **Alcaloides**

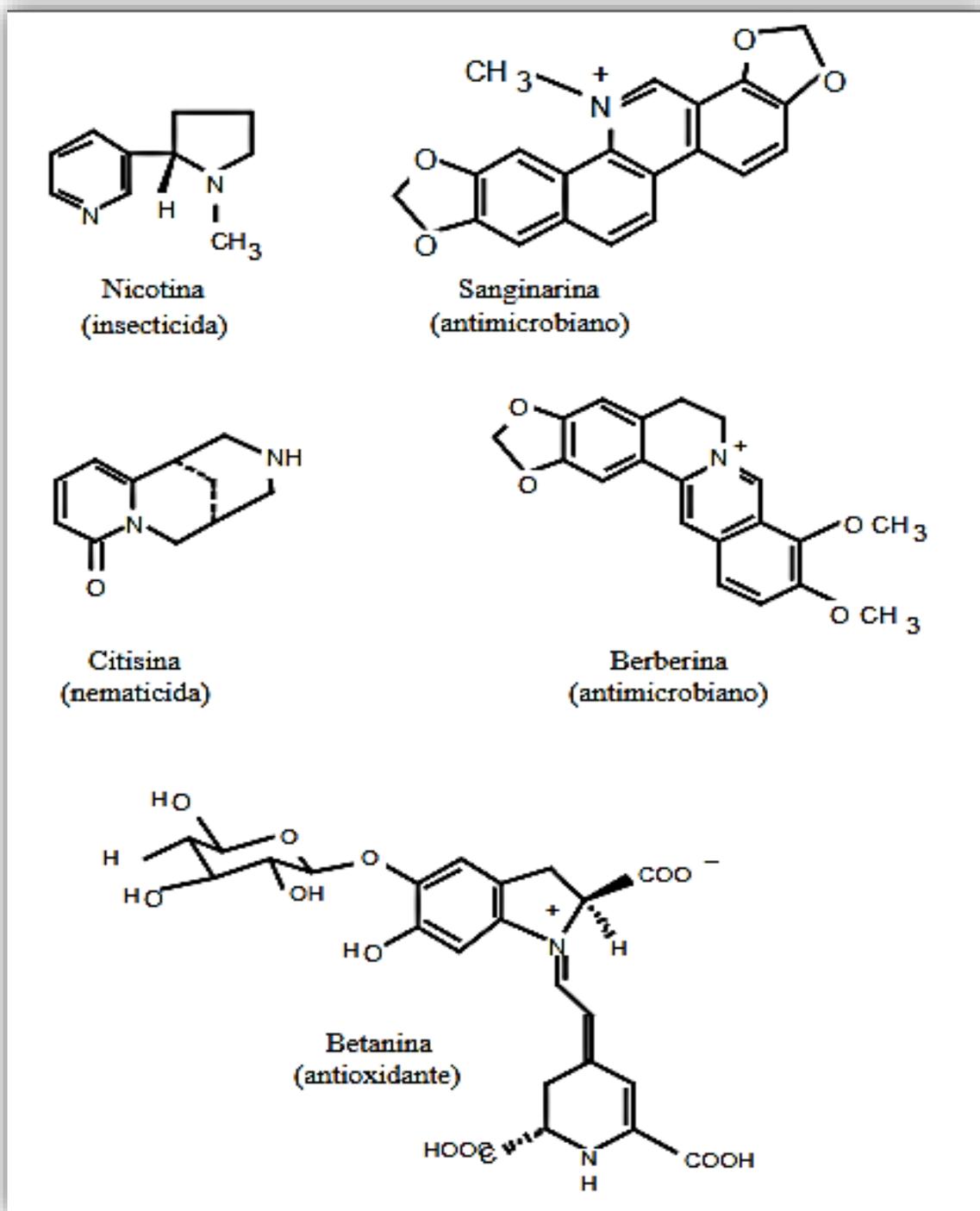
Valencia (1995), describe a los alcaloides como sustancias cristalinas que forman precipitados amorfos y algunos son lípidos a temperatura ambiente, por ejemplo; nicotina, caníina, higrina, pirrolidina y esparteína. La mayoría es indolora a temperatura ambiente y tiene sabor amargo.

Los alcaloides es uno de los grupos más grandes y heterogéneos de los metabolitos secundarios que las plantas producen, encontrándose como sales de ácido orgánico, y se conocen aproximadamente 500; formando el grupo de sustancias vegetales secundarias más representativo. Debido a su diversidad, estos compuestos son muy difíciles de definir de forma general y precisa, además presentan más compuestos secundarios como moléculas orgánicas complejas, por la presencia de uno o más átomos de nitrógeno (Azcón y Talón, 2008).

Además, se han reportado actividades biológicas para los compuestos como la nicotina, sanginarina, citisina, berberina, betanina (Figura 3), entre otros (Facchini, 2001).

Los alcaloides frecuentemente experimentan un metabolismo activo, y en tal caso no son productos finales, así que observando su vida media es muy variable, por ejemplo la tomatina es de 6 días mientras que la morfina de 7, esto por la causa de las fluctuaciones que se observan en su concentración a lo largo del día (Azcón y Talón, 2008).

Algunos alcaloides, se encuentran en forma de glicosidos, ramnosa, galactosa y glucosa esto en géneros como *Solanum* y *Verantrum*, y otros alcaloides se encuentran en formas de éteres de ácidos orgánicos de alta complejidad variable como, los grupos tropanos, del senicio y de la yohimbina (Domínguez, 1973).



**Figura 3.** Estructuras de alcaloides con actividad biológica durante la respuesta de defensa de *Nicotiana tabacum* (nicotina), de miembros de la familia *Papaveraceae* (sanginarina), de la familia *Berberidaceae* (berberina), de plantas del género *Cytisus* (citisina) y de *Beta vulgaris* (betanina).

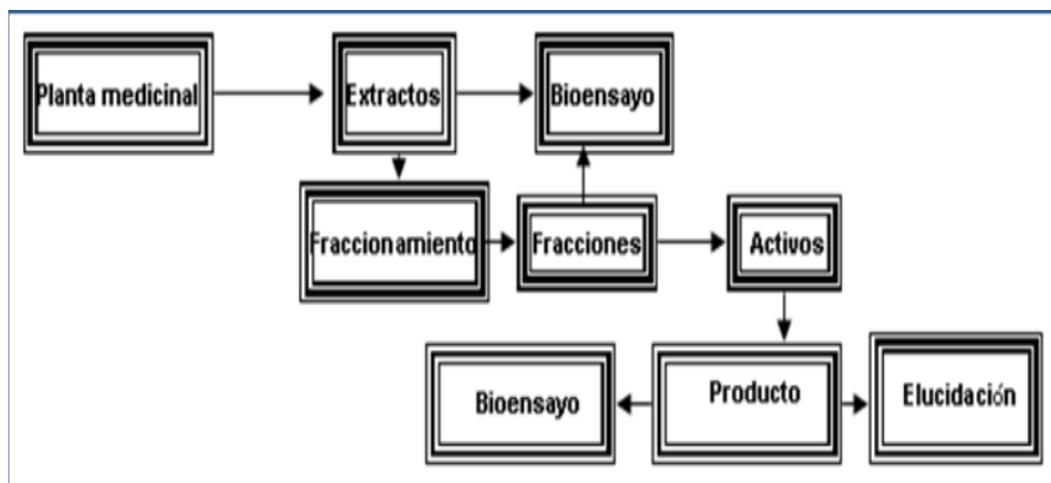
La importancia de los alcaloides para las plantas radica en que constituyen reservorios de nitrógeno para ésta, y al mismo tiempo pueden actuar como alelopáticas o como disuasorios alimentarios, con lo que contribuyen a la defensa del vegetal frente a la competencia de otras especies vegetales, o al ataque de patógenos (Azcón y Talón, 2008).

## **Plantas medicinales**

Por miles de años, las plantas medicinales han sido usadas por el ser humano, y es conocido que cada cultura ha atribuido un uso diferente para las diversas especies de plantas que habitan en las regiones adyacentes (Salaverry y Cabrera, 2014). Estos conocimientos y usos que se les da a las plantas medicinales hoy en día, son el resultado de los aprendizajes empíricos de nuestros ancestros, basados en el método de prueba y error (Estrada-Castillón et al., 2014).

La organización mundial de la salud definió a la planta medicinal como “todo vegetal que contiene en uno o más de sus órganos, sustancias que pueden ser utilizadas con fines terapéuticos o preventivos” (Organización Mundial de la Salud, 2008; Muñoz, 1996; Cosme, 2008).

A lo largo de los años muchas personas fueron localizando todo tipo de vegetación, que se utilizaba con fines curativos, para desarrollar procesos químicos, como la extracción y fraccionamiento (Fig. 1). El objetivo era obtener compuestos químicos bioactivos para la fabricación de diversos productos, naturales con los principios activos de las plantas medicinales (Domínguez, 1973).



**Figura 4.** Diagrama de procedimiento general para la obtención de principios activos a partir de plantas medicinales (Villar del Fresno, 1999).

### Familia solanácea

Las plantas de la familia solanácea son herbáceas o leñosas, con hojas alternas, simples y sin estípulas, pertenecientes al orden Solanales, de las dicotiledóneas magnoliopsida (Torres-Nagera et al., 2013). Esta familia comprende aproximadamente de 98 géneros y 2,700 especies, con una gran diversidad de hábito, morfología y ecología. La familia Solanaceae es cosmopolita, distribuyéndose por todo el mundo, excepto en la Antártida.

La mayor distribución y diversidad de especies se encuentra en el continente Americano (Centro y Sur), en donde tiene una elevada importancia en las áreas de agricultura, medicina y la industria en general (Carreño et al., 2007). Dentro de las solanáceas se encuentran especies de gran importancia para el consumo humano, como la patata o papa (*S. tuberosum*), el tomate o jitomate (*S. lycopersicum*), el chile, ají o pimiento (*Capsicum annum*) la berenjena (*S. melongena*), y el tabaco (*Nicotiana tabacum*) (Tropicos, 2018).

La principal importancia de la familia Solanaceae, radica en su uso como fuente de alimento, sin embargo, existe una gran oportunidad de uso como fuente de nuevos fármacos, debido a la gran diversidad de género, por lo que en la actualidad se ha incrementado el interés en la investigación científica de las propiedades farmacológicas de esta familia.

En México, la familia solanácea se encuentra dentro de las 5,000 especies de plantas vasculares, que tienen uso medicinal, además de ser la de mayor abundancia, con una variedad de compuestos activos con propiedades antimicrobianas para usos medicinales e industriales (Villar del Fresno, 1999).

Dentro de la variedad de especies que habitan en el México se encuentran las del género *Solanum*, el cual es el más extenso en la familia Solanaceae, con aproximadamente con 1500 especies (Weese y Bohs, 2007). Este género habita en climas templados y tropicales; y su principal uso es como fuente de alimento. Sin embargo, el género *Solanum* también es conocido por sus diversas propiedades medicinales, entre ellas su uso como estimulante cardiovascular, reducción de la presión arterial, así como para descomponer la acumulación de colesterol (Yousaf et al., 2006).

### ***Solanum torvum* Swartz.**

*S. torvum* (Fig. 2), comúnmente conocida como: sosa, berenjena con espinas, berenjena real, cacacho, y lavaplatos; es una planta arbustiva de hasta 2.5 m de alto, ramificado y de hojas perene, con flores blancas y fruto ovalado (Gandhi et al., 2011). Esta planta crece libremente como maleza, sin necesitar de climas específicos o cuidados de siembra (Echavarría, et al., 2015).

*S. torvum* es ampliamente conocida en el centro y sur de México, principalmente en las áreas rurales. Se le conoce por diversos nombres, de acuerdo al idioma nativo de las tribus indígenas que habitan en estas áreas: en Chiapas se conoce como kush pe ul, kuepejul, pajal, pajachis, tapdacui; en Morelos, en el idioma Náhuatl es amaclancle; en Oaxaca, le llaman kamatoots en el idioma Mixe; en Puebla, en Tepehua es llamada lok, y puluxnu en Totonaco; en Veracruz, se conoce como necaxane, nicaxani; y finalmente en San Luis Potosí, es llamada mudhuts, y t'akab pulato en idioma Tenek (Biblioteca digital de la medicina tradicional en México, 2009).

En medicina popular, *S. torvum* es ampliamente utilizada para tratar fiebre, hipertensión, así como problemas estomacales, entre ellos, la úlcera gástrica,

dolencias de la tos y del hígado (Adjanohoun et al., 1996; Noumi y Dibakto, 2000; Ivens et al., 1978; Jaiswal, 2012). Además, se ha reportado que esta planta posee actividades antimicrobial, antiviral, analgésica y anti-inflamatoria (Mohan et al., 2009).

En el estado de Guanajuato, México, se encuentra la comunidad de Aratzipu en el municipio de Pénjamo; en donde sus habitantes han consumido tradicionalmente, como infusión, las hojas y ramas de *S. torvum*, para aliviar diversos malestares relacionados principalmente con la diabetes, así como dolor de cabeza, molestias estomacales, infecciones de genitales, además de cicatrizante de heridas (Testimonios de los habitantes de la comunidad Aratzipu Pénjamo Guanajuato. México). Por otra parte, en el estado de Chiapas, México se ha utilizado por los indígenas para tratar el cáncer y contra infecciones de genitales y heridas, además de ser antitumoral y antiespasmódico (Biblioteca digital de la medicina tradicional en México, 2009).



**Figura 5.** *Solanum torvum* Swartz *in situ*.

### **Sinónimos de *S. torvum***

- *S. ferrugineum* Jacq.
- *S. ficifolium* Ortega
- *S. mayanum* Lundell
- *S. stramonifolium* Lam.
- *S. verapazense* Standl. & Steyerl (Tropicos, 2018).
- *S. acanthifolium* Hort. Par. ex Dunal.
- *S. daturifolium* Dunal.
- *S. largiflorum* C. White.
- *S. maccai* L.C. Rich. ex Spreng.
- *S. mannii* Wright.
- *S. verapazense* Standl. & Steyerl (Lim, 2013).

### **Clasificación taxonómica**

La clasificación taxonómica de *S. torvum*, de acuerdo a la base de datos Tropicos (2018), es la siguiente:

Reino.....Plantae

División.....Magnoliophyta

Clase.....Mognolipsida

Orden.....Solanales

Familia.....Solanaceae

Subfamilia.....Solanoideae

Tribu.....Solaneae

Género.....*Solanum*

Especie.....*S. torvum*

## Identificación y descripción

La descripción técnica se basa de acuerdo a lo reportado por Nee (1993).

- Hábito y forma de vida: Arbusto, generalmente con un tallo en la base que luego se ramifica.
- Tamaño: Alcanza hasta 2.5 m de alto.
- Tallo: Las ramas jóvenes cubiertas de pelos ramificados (estrellados), horizontales, sésiles o estipitados. Además las ramas que portan las inflorescencias pueden presentar algunas espinas gruesas, rectas o recurvadas, de hasta 1 cm de largo y corteza gris.
- Hojas: Alternas, generalmente en pares desiguales (la pequeña de la mitad o menos de la longitud de la grande), ampliamente ovadas, de hasta 20 cm de largo y hasta 15 cm de ancho, más o menos puntiagudas, márgenes raramente enteros, generalmente ondulados a escasamente lobados (raramente profundamente lobados), los lóbulos (generalmente 6) redondeados o agudos. La base de la hoja asimétrica, redondeada o haciéndose angosta, cubiertas de pelos ramificados (estrellados), horizontales, sésiles o estipitados, que son más abundantes en la cara inferior, raramente con algunos pelos rígidos parecidos a agujas de hasta 1 cm de largo ubicados sobre las venas principales. Los pecíolos de hasta 4 cm de largo, con frecuencia presentan pelos rígidos parecidos a agujas.
- Inflorescencia: Las flores reunidas en grupos (de pocas flores) sobre pedúnculos de hasta 2 cm de largo (a veces ausentes), cubiertos de pelillos, ubicados lateralmente sobre los tallos. Los pedicelos que sostienen las flores están cubiertos de pelos ramificados (estrellados), horizontales, que en el centro presentan una glándula.
- Flores: El cáliz de hasta 5 mm de largo, es un tubo acampanado que hacia el ápice se divide en 5 lóbulos triangulares (que con el tiempo se desgarran entre ellos de manera irregular), largamente puntiagudos; la corola blanca, de hasta 2.5 cm de ancho, es un tubo que se amplía abruptamente hacia el ápice, formando un limbo que se divide en 5 lóbulos cortos, triangular-ovados, con pelillos por fuera sobre las costillas; estambres 5, los

filamentos de hasta 1.5 mm de largo; las anteras delgadas, más angostas hacia el ápice, de hasta 6.5 mm de largo; ovario sin pelillos o con unas cuantas glándulas, el estilo de hasta 12 mm de largo.

- Frutos y semillas: El fruto globoso, de hasta 14 mm de diámetro, primero verde, luego amarillo al madurar. Semillas numerosas, de hasta 2.5 mm de largo.
- Raíz: Raíces pivotante profunda y fuerte, leñosa, las raíces primarias débiles, raíces laterales bien desarrolladas.

### **Origen y Distribución**

*S. torvum* es originaria del centro y sur del continente Americano, distribuyéndose desde México hasta Perú, así como en Cuba; sin embargo, esta planta también está ampliamente distribuida en los demás continentes (Figura 6) (Nee, 1993). En México, *S. torvum* se ha reportado en Campeche, Chiapas, Guanajuato, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán. Es probablemente la especie más abundante del grupo de la sección torva, pero llega a su límite norte en los bosques tropicales húmedos en Veracruz, donde generalmente es reemplazada por *S. rudepannum* (Nee, 1993).

*S. torvum* se encuentra al aire libre o debajo de sombra parcial, en lugares perturbados, bordes de caminos, páramos, barrancos, valles, matorrales, plantaciones y lugares húmedos cerca de pueblos, en áreas que reciben más de 2,000 mm de lluvia anual. *S.* También se encuentra en zonas ribereñas, en áreas más secas con menos de 600 mm de lluvia anual (Lim, 2013)



**Figura 6.** Distribución de *S. torvum*.

### **Biología y ecología**

La propagación, dispersión y germinación de *S. torvum*, se efectúa por aves y murciélagos que al comer los frutos, dispersan las semillas. Los frutos pesan aproximadamente 1.3 g y las semillas 0.01 g, con 1, 000,000 semillas/kg (Nee, 1993). La germinación es escalonada, con 60 % de germinando entre 2 semanas y 3 meses (Kew Royal Botanic Gardens, 2018), se puede propagar por esquejes. El ciclo de vida de la planta es perenne, pero generalmente no pasa de 2 años de vida. Crece entre 75 y 150 cm, en el este de México florece probablemente todo el año (Nee, 1993).

### **Propiedades nutricionales**

La fruta de *S. torvum*, en una porción de 100 g, contiene aproximadamente: 81.9 g de humedad, 47 cal de energía, 0.6 g de grasa, 6.1 g de fibra cruda, 2.8 mg de proteína, 158 mg de Ca, 110 mg de P, 7.1 mg de Fe, 554 I.U de Vitamina A, 0.17 mg de Vitamina B1, 0.06 mg de Vitamina B2, 2.6 mg de niacina, y 4 mg de vitamina C (Ministry of Public Health, 1970).

Otros estudios reportan que el fruto joven contiene, por cada 100 g de porción comestible: 85.4 g de agua, 47 kcal de energía, 2.4 g de proteína, 0.4 g de grasa, 10.7 g de carbohidratos, 6.1 g de fibra, 104 mg de Ca, 70 mg de P, 4.6 mg de Fe, 390 µg de β-caroteno, 0.12 mg de tiamina, 0.09 mg de riboflavina, 2.6 mg de niacina, y 4 mg de ácido ascórbico, (Leung et al., 1972). También se reportó que contiene el esteroide alcaloide solasonina (Fayez y Saleh., 1967) y que contiene torvogenina y clorogenina (Doepke et al., 1975).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Colecta de la planta**

Las ramas y hojas de 20 plantas de *S. torvum* fueron colectadas en el mes de agosto del 2016, en la comunidad de Aratzipu, en el municipio de Pénjamo, en el Estado de Guanajuato, México (Figura 7); en las coordenadas 20°25'51" N de Latitud, 101°43'21" O de Longitud, y 1780 m de Altitud snm. La colecta fue guiada por habitantes de la comunidad Aratzipu (Figura 8). Las muestras se depositaron en bolsas de polietileno y posteriormente, se deshidrataron durante 48h a temperatura ambiente. Las muestras secas se trasladaron, en condiciones adecuadas, al laboratorio de Fitoquímica del Departamento de Fitomejoramiento de la Universidad Autónoma Agraria Antonio (UAAAN). Inmediatamente se separaron las hojas de las ramas y se secaron ambos tejidos en un horno de secado (Mapsa, México) a 60 C° por 24 horas. Posteriormente, las hojas y ramas secas se molieron en un molino (Thomas Wiley, USA) con un tamiz de 2 mm y se guardaron en bolsas de papel estraza, en un lugar seco hasta su uso.

#### **Identificación taxonómica**

La identificación taxonómica se llevó a cabo por el curador herbal Dr. José Ángel Villarreal Quintanilla, en el Herbario (ANSM) del Departamento de Botánica de la (UAAAN).



**Figura 7.** Mapa del estado de Guanajuato México.



**Figura 8.** Zonas de recolección de muestras de *S. torvum*, en la comunidad de Aratzipu Pénjamo Gto. México, representa los puntos de recolección de ramas con hojas.

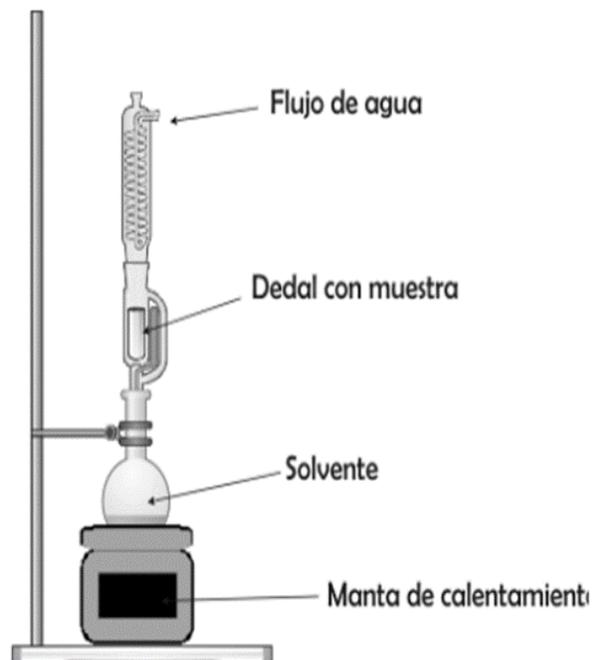
### **Obtención de Extractos**

La obtención de los extractos de hojas y ramas de *S. torvum* se llevó a cabo usando un extractor Soxhlet (Figura 9), con Agua, Acetona al 70%, Etanol, Metanol al 70% y hexano como solvente. La extracción se realizó usando un método estandarizado en el laboratorio de fitoquímica. Cada solvente (200 mL) se mezcló con 14 g de hojas o ramas de *S. torvum* colocadas en papel filtro Whatman No. 1. Las extracciones se llevaron a cabo durante 72 hrs. Al terminar la extracción el solvente se eliminó por vacío usando un rotaevaporador (Büchi LaboratoriumsTechnik, Schweiz) (Figura 10). El solvente remanente fue

eliminado colocando el matraz en una estufa de secado durante 24 horas. Finalmente se determinó el rendimiento de cada extracto, con la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{(\text{Peso matraz} + \text{Peso de extracto}) - \text{Peso matraz}}{\text{Peso del extracto}} \times 100$$

Los extractos se conservaron en un desecador a 25 °C y 0 % de humedad relativa (RH) para sus usos en los diferentes análisis.



**Figura 9.** Dispositivo de extracción Soxhlet.



**Figura 10.** Evaporador rotatorio Büchi LaboratoriumsTechnik.

### **Determinación de contenido de fenoles totales (CFT)**

El contenido de fenoles totales de los extractos de *S. torvum* de hojas y ramas con los solventes; Agua, Metanol al 70%, Etanol, Acetona al 70% y Hexano, se determinaron por el método de Folin-Ciocalteu, siguiendo el método IFC (Reglamento de la Comisión, CEE NO 2676/90). Las muestras fueron previamente diluidas en metanol. Se preparó una curva de ácido gálico (AG) y se usó metanol como blanco. Se colocaron 10  $\mu\text{L}$  de blanco, soluciones de calibración y diluciones del extracto, por triplicado en tubos de ensaye. Posteriormente, se mezclaron con 120  $\mu\text{L}$  de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (15% p/v), 30  $\mu\text{L}$  del reactivo de Folin-ciocalteu y 400  $\mu\text{L}$  de agua. La reacción se realizó en 50 °C durante 5 min. Las absorbancias se midieron a 750 nm en un espectrofotómetro (Figura 11).

## Determinación de actividad antioxidante (AA)

La actividad antioxidante de *S. torvum* de los extractos se realizó por el método de: 1,1diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

Se preparó una solución metanólica de DPPH 0.1 mM. Posteriormente se realizaron cinco disoluciones de DPPH a concentraciones de 0.02, 0.04, 0.06, 0.08 y 0.1 mM, para la curva de calibración. Se utilizó metanol como blanco.

Se colocaron 2 mL de solución de DPPH en una celda y subsecuentemente, se le añadieron 0.05 mL del extracto de *S. torvum*. Se midió la absorbancia de a una longitud de onda de 517 nm, tomando cuatro lecturas cada una de 10 minutos. El porcentaje de inhibición se midió a los 30 minutos, y se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Inhibición} = \left[ \frac{A_0 - A_e}{A_0} \right] \times 100$$

Donde:

- $A_0$ , es la absorbancia del blanco
- $A_e$ , es la absorbancia del extracto a los 30 min.

Todos los experimentos fueron realizados por triplicado



**Figura 11.** Espectrofotómetro.

### **Composición Química de *S. torvum* por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).**

La composición de los extractos se realizó en un cromatógrafo de gases acoplado a masas (Figura 12), en el Centro de Investigación de Estudios Avanzados Unidad Saltillo (CINVESTAV-Saltillo). Los extractos (2mg) fueron solubilizados con 5 mL de etanol y filtrados. Después, se inyectaron 2  $\mu\text{L}$  de muestra en un sistema GC-MS. El sistema consistió en un cromatógrafo Agilent Technologies 5850 acoplado a un espectrómetro de masas Agilent Technologies MSD G3170A (Fig. 14). La separación cromatográfica se realizó usando una columna HP-5MS (30m x 0.25 mm 1D X 0.25  $\mu$ ). Para la detección, se usó un sistema de ionización con energía a 70 eV. Como gas acarreador se usó Helio a un flujo constante a 1.10 mL/min y un volumen de inyección de muestra de 1  $\mu\text{L}$ , la temperatura del inyector fue de 250 °C. El programa de calentamiento en el horno fue isotérmico por 5 min a 60 °C, seguido por un calentamiento a 5 °C /min hasta 100 °C (2 min), y 10 °C/ min hasta 250°C (5 min). La interpretación de los espectros de masa y la identificación de compuestos se obtuvieron por comparación con espectros de compuestos puros usando la biblioteca del National Institute of Standar Technology (NIST).



**Figura 12.** Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas.

## **Análisis estadísticos**

Para el rendimiento, los resultados fueron analizados estadísticamente aplicando análisis de varianza (ANVA), bajo un diseño completamente al azar al ( $p \leq 0.01$ ) con 10 tratamientos (Cuadro 2) y 4 repeticiones. Para CFT y AA se utilizaron 10 tratamientos con 3 repeticiones. Se realizó una prueba de comparación de medias con el método de Tukey ( $p = 0.05$ ) diferencias significativas entre las muestras, utilizando el software SAS PC-System® versión 9.1.3 para Windows.

**Cuadro 2.** Tratamientos de los extractos de *S. torvum* considerados en el ANVA

<b>Tratamientos</b>	<b>Clave</b>	<b>Nombre</b>
<b>T1</b>	EAgH	Extracto de hojas en agua
<b>T2</b>	EMH	Extracto de hojas en metanol al 70%
<b>T3</b>	EEH	Extracto de hojas en etanol
<b>T4</b>	EAcH	Extracto de hojas en acetona al 70%
<b>T5</b>	EHeH	Extracto de hojas en hexano
<b>T6</b>	EAgR	Extracto de ramas en agua
<b>T7</b>	EMR	Extracto de ramas en metanol al 70%
<b>T8</b>	EER	Extracto de ramas en etanol
<b>T9</b>	EAcR	Extracto de ramas en acetona al 70%
<b>T10</b>	EHeR	Extracto de ramas en hexano

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Identificación de la planta

Los resultados de los estudios de identificación mostraron que las plantas "Sosa" colectadas Aratzipu, Pénjamo, corresponden a la especie *S. torvum* Swartz.

### Rendimiento de los extractos de *S. torvum*

Los resultados del ANVA para el rendimiento de los extractos (Cuadro 3), muestran diferencias altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre los tratamientos (Figura 13).

**Cuadro 3.** Análisis de varianza del rendimiento entre las extracciones de *S. torvum* con diferentes solventes

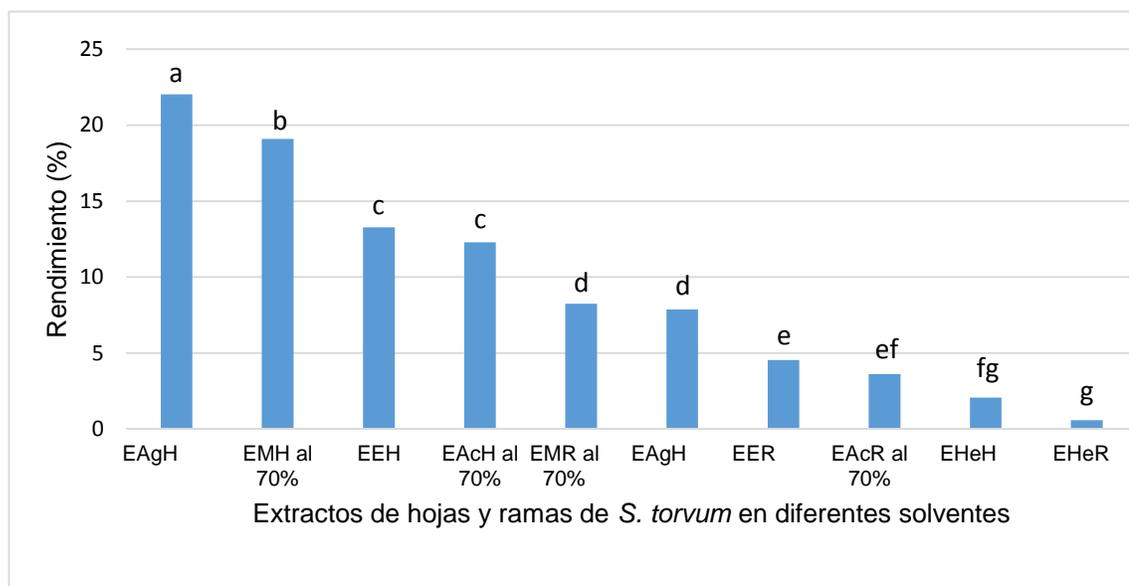
FV	GL	SC	CM	F	Pr(>F)
TRATAMIENTO	9	1876.81	208.534	352.72	0.0001**
ERROR	27	15.963	0.591		
TOTAL	39	1895.241			
C.V.	8.213				

C.V. % Coeficiente de variación, \*\* Nivel de significancia ( $p < 0.01$ )

El mayor rendimiento se obtuvo con el extracto de hojas en agua (22.04%), seguido del extracto de ramas etanol al 70% (19.1%). Los menores rendimientos se obtuvieron con los extractos de hojas y ramas (2.074% y 0.58%) en hexano. Las diferencias pueden haber resultado debido a la diferencia entre los grados de polaridad de cada solvente. Además, esta diferencia del rendimiento entre los solventes de extracción puede ser debido a

que los compuestos de la planta pueden ser solubles selectivamente en cada solvente (Koffi et al., 2010).

Es importante mencionar que esta es la primera vez que se realizan y reportan resultados de diferentes extracciones de hojas y ramas de *S. torvum*.



**Figura 13.** Rendimiento de extractos de hojas y ramas de *S. torvum*; EAgh= extracto de hojas en agua, EMH= Extracto de hojas en metanol al 70%, EEH= Extracto de hojas en etanol, EACh= Extracto de hojas en acetona al 70%, EHeH= Extracto de hojas en h exano, EAgh= Extracto de ramas en agua, EMR= Extracto de ramas en metanol al 70%, EER= Extracto de ramas en etanol, EAcr= Extracto de ramas en acetona al 70%, EHeR= Extracto de ramas en h exano. Diferente letra indica diferencias significativas (Tukey  $p < 0.05$ ).

## Composición fitoquímica

### Contenido de fenoles totales (CFT)

Los resultados del ANVA (Cuadro 4) mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) en CFT de los diferentes extractos de *S. torvum*.

**Cuadro 4.** Análisis de varianza Contenido de fenoles totales

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>TRATAMIENTO</b>	9	96135.468	10681.718	4.10	<0.0001
<b>ERROR</b>	20	15146.875	757.343		
<b>TOTAL</b>	29	111282.348			
<b>C.V.</b>	31.723				

**C.V.** % Coeficiente de variación, \*\* Nivel de significancia (p< 0.01)

El mayor contenido de CFT (Cuadro 5) se obtuvo con los extractos de hojas y ramas en acetona al 70% con valores de 152.25 mg EAG/100 mg de extracto y 154.12 mg EAG/100 mg, respectivamente, seguido por el extracto de hojas en metanol con 137.87 mg EAG/100 mg de extracto. El CFT de extractos de hojas y ramas de *S. torvum* en diferentes solventes han sido estudiados. Loganayaki et al. (2010) reportaron valores de 34.4 mg/100 mg y 3.8 mg/100 mg para los extractos de ramas y hojas en etanol, respectivamente. Por otra parte, Medina-Medrano et al. (2016) reportaron valores de 26.78mg/100 mg y 28.84 mg/100mg para extractos de metanol de hojas y ramas de *S. torvum*, respectivamente. Se puede observar que estos valores son menores a los obtenidos en el presente estudio. Además, es importante mencionar que los extractos de hexano no mostraron CFT, lo cual podría deberse a que este solvente tal vez no es efectivo o selectivo para la solubilidad de compuestos fenólicos. Sin embargo, los demás solventes permitieron un mayor arrastre de los fenoles, haciendo notar que *S. torvum* es una planta con alto contenido de CFT.

**Cuadro 5.** Contenido de fenoles totales (CFT) y actividad antioxidante de extractos de *S. torvum*

<b>Extracto</b>	<b>CFT (mg GAE/100 mg extracto)</b>	<b>DPPH (%)</b>
EAgH	57.87 ± 3.53 dc	20.80 ± 4.41 a
EMH	137.875 ± 54.80 ab	16.43 ± 3.51 abc
EEH	119.75 ± 59.22 abc	15.44 ± 0.08 abc
EAcH	152.25 ± 55.68 ab	18.04 ± 0.49 abc
EHeH	-0.875 ± 6.12 d	5.98 ± 4.97 de
EAgR	49.75 ± 11.49 dc	11.12 ± 5.68 cd
EMR	72.875 ± 3.53 bcd	14.99 ± 5.05 abc
EER	126 ± 55.68 abc	12.24 ± 0.82 bcd
EAcR	154.125 ± 47.72 a	19.05 ± 1.11 ab
EHeR	-2.125 ± 5.97 d	3.49 ± 2.74 e

EAgH= extracto de hojas en agua, EMH= Extracto de hojas en metanol al 70%, EEH= Extracto de hojas en etanol, EAcH= Extracto de hojas en acetona al 70%, EHeH= Extracto de hojas en hexano, EAgR= Extracto de ramas en agua, EMR= Extracto de ramas en metanol al 70%, EER= Extracto de ramas en etanol, EAcR= Extracto de ramas en acetona al 70%, EHeR= Extracto de ramas en hexano. Los datos representan las medias ± SD de 3 determinaciones. Diferentes letras en la misma columna indican diferencias estadísticas (Tukey  $p < 0.05$ ).

### **Actividad antioxidante**

Los resultados del ANVA (Cuadro 6) muestran diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre los tratamientos. Los extractos *S. torvum* con la más alta actividad antioxidante son el de hojas en agua, seguido por ramas en acetona, y hojas en acetona y en metanol (Cuadro 5). Se puede observar que los extractos que tuvieron el mayor CFT también mostraron la más alta actividad antioxidante; esto confirma lo reportado por Flores-López et al. (2016), quienes mencionan la relación positiva entre los altos valores de CFT con la actividad antioxidante.

**Cuadro 6.** Análisis de varianza Actividad antioxidante

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>Pr(&gt;F)</b>
<b>TRATATAMITO</b>	9	843.338	93.704	13.76	<0.0001
<b>ERROR</b>	20	136.184	6.809		
<b>TOTAL</b>	29	979.522			
<b>C.V.</b>	19.008				

C.V. % Coeficiente de variación, \*\* Nivel de significancia ( $p < 0.01$ )

## Composición química

### Composición Química de los extractos en etanol de *S. torvum*

Los resultados del análisis GC-MS mostraron la identificación de los diferentes compuestos obtenidos en las extracciones de etanol y hexano de hojas y ramas de *S. torvum*. La información presentada es: tiempo de retención (Tr), nombre del compuesto, fórmula molecular (FM), peso molecular (PM) y la concentración (% de área).

En los extractos de hojas y ramas en etanol, se identificaron cuatro compuestos químicos, en cada uno de los extractos. En hojas (Cuadro 7), de mayor a menor concentración, los compuestos identificados fueron: octacosano (10.1%), reportado con actividad citotóxica (Figueredo et al., 2014); heptacosano (9.56%), con actividad antioxidante (Martínez et al., 2016) ácido láurico tetradecil éster (5.41%), reportado por poseer propiedades antimicrobianas y antivirales (Mora, 2003); y la streptovitacina (2.26%), compuesto reportado como un agente antitumoral y antifúngico (Kondo y Yamashita, 1999).

**Cuadro 7.** Composición química del extracto de etanol de hojas de *S. torvum*

No	TR (min)	Compuesto	Formula Molecular	Peso molecular	Área (%)
1	22.18	Octacosano	C <sub>28</sub> H <sub>58</sub>	394	10.14
2	22.91	Streptovitacina	C <sub>15</sub> H <sub>23</sub> NO <sub>5</sub>	297	2.26
3	24.06	Ácido laurico tetradecil ester	C <sub>26</sub> H <sub>52</sub> O <sub>2</sub>	396	5.41
4	25.47	Heptacosano	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	380	9.56

En ramas (Cuadro 8) se identificaron, de mayor a menor concentración: Dodecylpalmitato (41.41%), usado como disolvente en las industria de textiles, colorantes y detergentes (Klein y Baecia, 2014); 9-octadecenamida (9.90%), con actividades inhibitorias de la comunicación de célula a célula mediada por uniones gap, así como modulador de receptores 5-HT<sub>1</sub>,5-HT<sub>2A,C</sub>, 5-HT<sub>7</sub> y ionotrópicos inhibidores, además de inductor de sueño (Boger et al., 1999; Thomas et al., 1997; Coyne et al., 2002; Leggett et al., 2004); y el 2-heptanol (6.56%) el cual también es usado como solvente (Klein y Baecia, 2014).

**Cuadro 8.** Composición química del extracto de etanol de ramas de *S. torvum*

No	TR (min)	Compuesto	Molecular Formula	Peso molecular	Área (%)
1	5.97	2-heptanol	C <sub>7</sub> H <sub>16</sub> O	116	6.56
2	22.19	Dodecylpalmitato	C <sub>28</sub> H <sub>56</sub> O <sub>2</sub>	424	41.41
3	23.22	9-octadecenamida	C <sub>18</sub> H <sub>35</sub> NO	281	9.90
4	25.17	Heptacosano	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	380	10.30

### **Composición Química de los extractos en hexano de *S. torvum***

En los análisis de composición química de los extractos de hojas en hexano se identificaron ocho compuestos químicos y en ramas siete compuestos. En hojas se reportaron de mayor a menor concentración (Cuadro 9): Dodecilacrilato (13.35%), utilizado para la fabricación de polímeros (Jang y kim., 2000); 2,-metilenbis (6-terbutil-4-etil) fenol (10.98%), con actividades preventivas de enfermedades cardiovasculares, circulatorias, cancerígenas y neurológicas,

además de anti-inflamatorias, antialérgicas, antitrombótica, antimicrobiana y antineoplástica (Ishige y Sagara., 2001); Xileno (9.55%), usado en formulacion de insecticidas, grasas, ceras y resinas naturales (Pascual y Carmen., 2017); Ácido palmítico (4.09%), usado en la elaboración de cosméticos (Sáyago et al., 2008), Dodecanol (3.15%), reportan que es utilizado para evitar que una formula se separe (Almeida et al., 2015), Heptacosano (2,79%), Dodecanal (2.16%), que ha sido reportado sus usos en formulaciones de perfumerías (Almeida et al., 2015); y Fenileter (0.53%), que ha sido reportado su utilización como solvente en formulaciones industriales (Pascual y Carmen 2017).

**Cuadro 9.** Composición química del extracto de hexano de hojas de *S. torvum*

No	TR (min)	Compuesto	Formula Molecular	Peso molecular	Área (%)
1	4.82	Xileno	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	9.65
2	15.25	Fenileter	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> O	170	0.53
3	15.49	Dodecanal	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O	184	2.16
4	16.44	Dodecanol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	186	3.15
5	19.10	Dodecilacrilato	C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	240	13.34
6	21.88	Ácido palmítico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	4.09
7	25.14	Heptacosano	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	380	2.79
8	26.89	2,2'-metilenbis(6- terbutil-4-etil)fenol	C <sub>25</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	368	10.98

En ramas (Cuadro 10), se identificaron, de mayor a menor concentración: 2,2'-metilenbis (6-terbutil-4-etil) fenol (7.30%), Xileno (7.14%), Dodecilacrilato (6.30%), Heptacosano (4.94%), Ácido palmítico (3.81%), 2,4-di-ferbutil éter (0.36%), y Fenileter (0.25%).

**Cuadro 10.** Composición química del extracto de hexano de ramas de *S. torvum*

No	TR (min)	Compuesto	Formula Molecular	Peso molecular	Área (%)
1	4.79	Xileno	C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	106	7.14
2	15.25	Fenileter	C <sub>12</sub> H <sub>10</sub> O	170	0.25
3	16.87	2,4-di-terbutil éter	C <sub>14</sub> H <sub>22</sub> O	206	0.36
4	19.11	Dodecilacrilato	C <sub>15</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	240	6.30
5	21.88	Ácido palmítico	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	3.81
6	25.14	Heptacosano	C <sub>27</sub> H <sub>56</sub>	380	4.94
7	26.91	2,2'-metilenbis(6-terbutil-4-etil)fenol	C <sub>25</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	368	7.30

Para el caso de los extractos acuoso, metanólico y de acetona no fue posible detectar ningún compuesto por esta técnica. Es posible que existan compuesto no volátiles que no pueden analizarse por cromatografía de gases (Salaverry y Cabrera, 2014).

Se han reportado estudios de diferentes tejidos de *S. torvum*. Ajaiyeoba (1999) identificó compuestos alcaloides, taninos y esteroides en una extracción de frutos y hojas en metanol. Además, el torvanol A y torvosida H, fueron identificados y aislados de extractos de frutos de metanol (Arthan et al., 2002). Otros compuestos como neochlorogenina 6-O-β-D-quinovo-piranoside, neochlorogenin 6-O-β-D xylopyranosyl- (1 → 3) -β-D-quinovopyranoside, neochlorogenin 6-O-α-L ramnopiranosilo- (1 → 3) -β- Dquinovopyranoside, sola-genin 6-O-β-Dquinovopyranoside, solagenin 6-O-α-Lrhamnopyranosyl- (1 → 3) -β Dquinovopyranoside isoque-rceitin (Zhu et al., 2003; Arthan, 2002; Mahood y Thakur, 1985; Agrawal, 1989; Yahara et al., 1996; Lida et al., 2005); así como los polifenoles rutina, kaempferol y quercetin (Lu et al., 2009; González et al., 2004).

Es importante mencionar que, los compuestos identificados en este estudio son reportados por primera vez, para hojas y ramas de *S. torvum*. Además, se observa que los compuestos identificados poseen interesantes actividades biológicas, lo cual confirma el uso que los habitantes de Aratzipu en Pénjamo,

Guanajuato, le dan a esta planta. Además, estas propiedades permiten el uso de *S. torvum* para la elaboración de productos con aplicación en farmacia y agricultura.

## V. CONCLUSIONES

- 1.- Se identificó la planta "SOSA" como *Solanum torvum* Swatz.
- 2.- El mayor rendimiento se presentó con la extracción de hojas de *S. torvum* en agua.
- 3.- El extracto de ramas en acetona al 70% presentó el mayor contenido de fenoles totales.
- 4.- La mayor actividad antioxidante se presentó con los extractos de hojas en agua y ramas en acetona al 70%
- 5.- Se identificaron por primera vez 15 compuestos en los extractos de *S. torvum* por GC-MS.
- 6.- *S. torvum* posee compuestos fitoquímicos, con interesantes actividades biológicas, lo cual confirma el uso que los habitantes de Aratzipu en Pénjamo, Guanajuato, le dan a esta planta. Por lo anterior, *S. torvum* podría ser utilizada para la elaboración de productos farmacológicos.

## VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adjanohoun, J.E., Aboubakar, N., Dramane, K., Ebot, M.E., Ekpere, J.A., Enoworock, E.G., Foncho, D., Gbile, Z.O., Kamanyi, A., Kamoukom Jr., Keeta, A., Mbenkum, T., Mbi, C.M., Mbielle, A.L., Mbome, I.L., Mubiru, N.K., Naney, W.L., Nkongmeneck, B., Satabie, B., Sofowa, A., Tanze, V., Wirmum, C.K., 1996. Traditional medicine and pharmacopeia-contribution to ethnobotanical and floristic studies in Cameroon. In: CNPMS. Porto-Novo, Benin, pp. 50–52.
- Agrawal, P. K., Mahmood, U., & Thakur, R. S. (1989). Torvonin-B, a spirostane saponin from *Solanum torvum*. *Heterocycles*, 29(10), 1895-1899.
- Ajaiyeoba, E. O. (1999). Comparative phytochemical and antimicrobial studies of *Solanum macrocarpum* and *S. torvum* leaves. *Fitoterapia*, 70(2), 184-186.
- Almeida, G., Ponce, G., & Maciel, M. (2015). Avaliação do uso do dodecanol na fermentação extrativa líquido-líquido através de uma plataforma virtual. *Blucher Chemical Engineering Proceedings*, 1(2), 391-398.
- Alomar, F. (2007). Antioxidantes: captadores de radicales libres ó sinónimo de salud. [Citado 07/02/2018. [Disponibile; <https://www.soarme.com/archivos/1324143195.pdf>
- Arthan, D., Svasti, J., Kittakoop, P., Pittayakhachonwut, D., Tanticharoen, M., & Thebtaranonth, Y. (2002). Antiviral isoflavonoid sulfate and steroidal glycosides from the fruits of *Solanum torvum*. *Phytochemistry*, 59(4), 459-463.
- Azcón-Bieto, J., & Talón, M. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Editorial McGraw-Hill Interamericana, España. ISBN: 323-360 p.
- Berra B, Caruso D, Cortesi N, Fedeli E, Rasetti MF, Galli G. (1995). Antioxidant properties of minor polar components of olive oil on the oxidative processes of cholesterol in human LDL. *Riv. It. Sost. Grasse*; 72: 285- 291.
- Benzie, I.F.F., Strain, J., 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of antioxidant power: the FRAP assay. *Anal. Biochem.* 239, 70–76.

- Biblioteca digital de la medicina tradicional en México. (2009). Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. [Citado el 24/01/2018]. [Disponible en;  
<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Solanum%20torvum&id=7246>
- Boger, D. L., Sato, H., Lerner, A. E., Guan, X., & Gilula, N. B. (1999). Arachidonic acid amide inhibitors of gap junction cell-cell communication. *Bioorganic & medicinal chemistry letters*, 9(8), 1151-1154.
- Butler, L. G. (1992). Protein-polyphenol interactions: nutritional aspects. *Bulletin de liaison-groupe polyphenols*, 16, 11-11.
- Carreño, N., Vargas, Á., Bernal, A. J., & Restrepo, S. (2007). Problemas fitopatológicos en especies de la familia Solanaceae causados por los géneros *Phytophthora*, *Alternaria* y *Ralstonia* en Colombia. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 25(2).
- Chinou, I (2008) Primary and secondary metabolites and their biological activity. En: Waksmundzka-Hajnos M, Sherma J, Kowalska T (Eds) *Thin layer chromatography in phytochemistry*, pp. 59-76. CRS Press, Boca Raton
- Choi, S., & Chung, M. H. (2003). A review on the relationship between aloe vera components and their biologic effects. *Seminars in Integrative Medicine*, 1(1), 53–62.
- Colegate, S. M., & Molyneux, R. J. (Eds.). (2007). *Bioactive natural products: detection, isolation, and structural determination*. CRC press.
- Cosme Pérez, I. (2008). El uso de las plantas medicinales. [Citado el 04/02/2018] [Disponible; [https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/8921/1/tra6\\_p23-26\\_2010-0.pdf](https://cdigital.uv.mx/bitstream/123456789/8921/1/tra6_p23-26_2010-0.pdf)].
- Coyne, L., Lees, G., Nicholson, R. A., Zheng, J., & Neufield, K. D. (2002). The sleep hormone oleamide modulates inhibitory ionotropic receptors in mammalian CNS in vitro. *British journal of pharmacology*, 135(8), 1977-1987.
- Croteau, R., Kutchan, T.M., and Lewis, N.G. 2000. Naturalproducts (Secondary metabolites). pp. 1250-1318. In: B. Buchanan., W. Grissem., and R.

- Jones R. (eds.). Biochemistry and Molecular Biology of Plants. Vol. 24. American Society of Plant Physiologists. Maryland, USA. 1367 p
- Doepke W, Nogueiras C, Hess U (1975) Steroid alkaloid and saponin contents of *Solanum torvum*. Pharmazie 30(11):755
- Domínguez, X. A., (1973). Métodos de investigación fitoquímica. Acos de Belén número. 75 Mexico D. F. Editorial Limusa, S.A. No. 1, pp. 15-16.
- Echavarría, D. E. H., Arbeláez, G., y Velasco, M. (2015). Uso de *Solanum torvum* en pacientes con cistitis intersticial Clínica Urológica Salus (Dic. 2007–Ene. 2008). Revista Colombiana Salud Libre, 3(1).
- Eisenreich, W., Rohdich, F., and Bacher, A. (2001). Deoxyxylulose phosphate pathway to terpenoids. Trends in Plant Science 6:78-84
- Estrada-Castillón, E., Garza-López, M., Villarreal-Quintanilla, J. Á., Salinas-Rodríguez, M. M., Soto-Mata, B. E., González-Rodríguez, H., ... Cantú-Ayala, C. (2014). Ethnobotany in Rayones, Nuevo León, México. Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine, 10(1), 1–13.
- Evans, W. C. (2009). Trease and Evans' Pharmacognosy E-Book. Elsevier Health Sciences.
- Facchini, P.J. 2001. Alkaloid biosynthesis in plants: Biochemistry, cell biology, molecular regulation, and metabolic engineering applications. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 52:29-66.
- Fayez MB, Saleh AA (1967). Constituents of local plants. XIII. Steroidal constituents of *Solanum torvum*. Planta Med 15(4):430–433
- Figueiredo, C. R., Matsuo, A. L., Pereira, F. V., Rabaça, A. N., Farias, C. F., Girola, N.,... & Silva, L. P. (2014). *Pyrostegia venusta* heptane extract containing saturated aliphatic hydrocarbons induces apoptosis on B16F10-Nex2 melanoma cells and displays antitumor activity in vivo. Pharmacognosy magazine, 10 (Suppl 2), S363.
- Flores-López, M. L., Romaní, A., Cerqueira, M. A., Rodríguez-García, R., Jasso de Rodríguez, D., & Vicente, A. A. (2016). Compositional features and bioactive properties of whole fraction from Aloe vera processing. Industrial Crops and Products, 91, 179–185.

- García, A. Á., y Carril, E. P. U. (2011). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*, 2(3).
- Gamboa-Gómez, C. I., Rocha-Guzmán, N. E., Moreno-Jiménez, M. R., Vázquez-Cabral, B. D., & González-Laredo, R. F. (2015). Plants with potential use on obesity and its complications. *EXCLI Journal*, 14, 809–831.
- Gandhi, G. R., Ignacimuthu, S., & Paulraj, M. G. (2011). *Solanum torvum* Swartz. fruit containing phenolic compounds shows antidiabetic and antioxidant effects in streptozotocin induced diabetic rats. *Food and Chemical Toxicology*, 49(11), 2725-2733.
- González, M., Zamilpa, A., Marquina, S., Navarro, V., & Alvarez, L. (2004). Antimycotic Spirostanol Saponins from *Solanum hispidum* Leaves and Their Structure– Activity Relationships. *Journal of natural products*, 67(6), 938-941.
- Ishige, K., Schubert, D., & Sagara, Y. (2001). Flavonoids protect neuronal cells from oxidative stress by three distinct mechanisms. *Free Radical Biology and Medicine*, 30(4), 433-446.
- Ivens GW; Moody K; Egunjobi JK. (1978). *West African Weeds*. Ibadan, Nigeria: Oxford University Press, 178-179.
- Jaiswal, B. S. (2012). *Solanum torvum*: a review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 3(4), 104-111.
- Jang, J., & Kim, B. S. (2000). Studies of crosslinked styrene–alkyl acrylate copolymers for oil absorbency application. I. Synthesis and characterization. *Journal of Applied Polymer Science*, 77(4), 903-913.
- Jasso De Rodríguez, D., Rodríguez García, R., Hernández Castillo, F. D., Aguilar González, C. N., Sáenz Galindo, A., Villarreal Quintanilla, J. A., & Moreno Zuccolotto, L. E. (2011). In vitro antifungal activity of extracts of Mexican Chihuahuan Desert plants against postharvest fruit fungi. *Industrial Crops and Products*, 34(1), 960–966.
- Jasso de Rodríguez, D., Trejo-González, F. A., Rodríguez-García, R., Díaz-Jimenez, M. L. V., Sáenz-Galindo, A., Hernández-Castillo, F. D., ... Peña-

- Ramos, F. M. (2015). Antifungal activity in vitro of *Rhus muelleri* against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *Industrial Crops and Products*, 75, 150–158.
- Jasso de Rodríguez, D., Carrillo-Lomelí, D. A., Rocha-Guzmán, N. E., Moreno-Jiménez, M. R., Rodríguez-García, R., Díaz-Jiménez, M. L. V, ... Villarreal-Quintanilla, J. A. (2017). Antioxidant, anti-inflammatory and apoptotic effects of *Flourensia microphylla* on HT-29 colon cancer cells. *Industrial Crops and Products*, 107, 472–481.
- Kew Royal Botanic Gardens. (2018). Seed Information Database. [Citado el 28/01/2018]. [Disponible en; <http://data.kew.org/sid/SidServlet?ID=21806&Num=gv3>]
- Koffi, E., Sea, T., Dodehe, Y., & Soro, S. (2010). Effect of solvent type on extraction of polyphenols from twenty three Ivorian plants. *Journal of Animal & Plant Sciences*, 5(3), 550–558.
- Karuppusamy, S., (2009) A review on trends in production of secondary metabolites from higher plants by in vitro tissue, organ and cell cultures. *Journal of Medicinal Plants Research* 3:1222-1239.
- Klein, D., & Barcia, O. E. (2014). *Química orgánica*. Editorial Médica Panamericana.
- Kondo, H., Oritani, T., & Yamashita, K. (1990). Syntheses and Biological Activities of (±)-Streptovitamin A and E-73. *Agricultural and biological chemistry*, 54(6), 1531-1536.
- Leung W-TW, Butrum RR, Chang FH (1972) Food composition table for use in East Asia. Department of Health/Education and Welfare, Bethesda, 334 pp
- Leggett, J. D., Aspley, S., Beckett, S. R. G., D'Antona, A. M., & Kendall, D. A. (2004). Oleamide is a selective endogenous agonist of rat and human CB1 cannabinoid receptors. *British journal of pharmacology*, 141(2), 253-262.
- Lida, Y., Yanai, Y., Ono, M., Ikeda, T., & Nohara, T. (2005). Three unusual 22-β-O-23-hydroxy-(5α)-spirostanol glycosides from the fruits of *Solanum torvum*. *Chemical and pharmaceutical bulletin*, 53(9), 1122-1125.

- Lim, T. K. (2013). *Solanum torvum*. In Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants (pp. 429-441). Springer Netherlands.
- Logan, B. A., Monson, R. K., & Potosnak, M. J. (2000). Biochemistry and physiology of foliar isoprene production. *Trends in plant science*, 5(11), 477-481.
- Loganayaki, N., Siddhuraju, P., & Manian, S. (2010). Antioxidant activity of two traditional Indian vegetables: *Solanum nigrum* L. and *Solanum torvum* L. *Food Science and Biotechnology*, 19(1), 121-127.
- Lu, Y., Luo, J., Huang, X., & Kong, L. (2009). Four new steroidal glycosides from *Solanum torvum* and their cytotoxic activities. *Steroids*, 74(1), 95-101.
- Mahmood, U., Agrawal, P. K., & Thakur, R. S. (1985). Torvonin-A, a spirostane saponin from *Solanum torvum* leaves. *Phytochemistry*, 24(10), 2456-2457.
- Martínez, F.S., González, G.J., Culebras, J.M., Tuñón, M.J., (2002). Los flavonoides: propiedades y acciones antioxidantes, *Nutrición Hospitalaria*, Vol. 17 No.6, 271-278.
- Martínez, M. M., Santana, P. M., & Simón, G. G. (2016). Estudio de la composición química y de las propiedades antioxidantes de la especie *Plukenetia volubilis*, Linneo. *Yachana Revista Científica*, 2(1).
- Martínez-Valverde, I., Periago, M. J., & Ros, G. (2000). Significado nutricional de los compuestos fenólicos de la dieta. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 50(1), 5-18.
- Medina-Medrano, J. R., Vázquez-Sánchez, M., Villar-Luna, E., Cortez-Madriral, H., Angoa-Pérez, M. V., & Cázares-Álvarez, E. E. (2016). Total phenolic content, total flavonoids and antioxidant capacity of methanolic extracts from *Solanum ferrugineum* Jacq. (Solanaceae). *J. Chem. Biol. Phys. Sci*, 6, 1135-44.
- Ministry of Public Health (1970) Tables of nutrition values in Thai food per 100 g of edible portion. Office of the Prime Minister, Royal Thai Government, Bangkok.
- Tropicos. Missouri Botanical Garden. (2018). [Citado el 03/01/ 2018] Disponible en; <http://www.tropicos.org/Name/29600147?langid=66>]

- Mohan, M., Jaiswala, B.S., Kastureb, S., 2009. Effect of *Solanum torvum* on blood pressure and metabolic alterations in fructose hypertensive rats. *J. Ethnopharmacol.* 126, 86–89
- Mora, O. L. (2003). Ácido láurico: componente bioactivo del aceite de palmiste. *Revista Palmas*, 24(1), 79-83.
- Muñoz, F. (1996). *Plantas medicinales y aromáticas: estudio, cultivo y procesado*. Mundi-Prensa Libros.
- Nee, M., (1993). Solanaceae II (III). En: Sosa, V. (ed.). *Flora de Veracruz*. Fascículo 72. Instituto de Ecología. Xalapa, Veracruz, México.
- NOM (2005). 043-SSA2, servicios básicos de salud. Promoción y educación para la salud en materia alimentaria. Criterios para brindar orientación. Secretaría de Salud.
- Noumi, E., Dibakto, T.W., 2000. Medicinal plants used for peptic ulcer in Bangangte region in the Western part of Cameroon. *Fitoterapia* 71, 402–412.
- Organización Mundial de la Salud. (2008). *Medicina tradicional*. [Citado el 24/01/2018]. Disponible en: <http://www.who.int/intellectualproperty/topics/traditional/es/>
- Pascual, C., & Carmen, M. (2017). Evolución del riesgo de exposición laboral a disolventes en el sector del calzado de Alicante (2009-2013) y estado actual.
- Pérez, N., y Jiménez, E. (2011). Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo in vitro. *Biotechnología Vegetal*, 11(4).
- Salaverry, O., & Cabrera, J. (2014). Florística de algunas plantas medicinales. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 31(1), 165-168.
- Sáyago-Ayerdi, S. G., Vaquero, M. P., Schultz-Moreira, A., Bastida, S., & Sánchez-Muniz, F. J. (2008). Utilidad y controversias del consumo de ácidos grasos de cadena media sobre el metabolismo lipoproteico y obesidad. *Nutrición Hospitalaria*, 23(3), 191-202.

- Sepúlveda, G., Porta Ducoing, H., & Rocha Sosa, M. (2003). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21(3).
- Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects—A review. *Journal of functional foods*, 18, 820-897.
- Thomas E.A., Carson M.J., Neal M.J., Sutcliffe J.G. (1997). Unique allosteric regulation of 5-hydroxytryptamine receptor-mediated signal transduction by oleamide. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*; 94:14115–14119.
- Torres-Nagera, M. A., López-López, L. I., De La Cruz-galicia, G., & Silva-Belmares, S. Y. (2013). Solanaceas Mexicanas: Una Fuente de Nuevos Agentes Farmacológicos Mexican Solanaceae. *Revista Científica de La Universidad Autónoma de Coahuila*, 5(10), 27-32.
- Trueba, G. P., & Sanchez, G. M. (2001). Los flavonoides como antioxidantes naturales. *Acta Farm. Bonaerense*, 20(4), 297-306.
- Tsimidou, M. (1998). Polyphenols and quality of virgin olive oil in retrospect [*Olea europaea* L.]. *Italian Journal of Food Science (Italy)*.
- Valencia, O.C. (1995). *Fundamentos de fitoquímica*. México. Editorial trillas. No, 1 pp. 99-100.
- Villar del Fresno A. (1999). *Farmacognosia general*. Ed. Síntesis S.A. España Madrid. Verde-Star, M. J., García González, S., & Rivas Morales, C. 2016. *Metodología científica para el estudio de plantas medicinales*. OmniaScience Monographs.
- Waghulde, H., Kamble, S., Patankar, P., Jaiswal, B., Pattanayak, S., Bhagat, C., & Mohan, M. (2011). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of seeds of *Punica granatum* (Punicaceae) and *Solanum torvum* (Solanaceae). *Pharmacologyonline*, 1, 193-202.
- Weese, T. L., L. Bohs. (2007). A three-gene phylogeny of the genus *Solanum* (Solanaceae). *Systematic Botany* 32 (2):445–463.
- Yahara, S., Yamashita, T., Nozawa, N., & Nohara, T. (1996). Steroidal glycosides from *Solanum torvum*. *Phytochemistry*, 43(5), 1069-1074.

- Yousaf, Z., Masood, S., Shinwari, Z. K., Khan, M. A., & Rabani, A. (2006). Evaluation of taxonomic status of medicinal species of the genus *Solanum* and *Capsicum* based on Poly Acrylamide Gel Electrophoresis. *Pakistan Journal of Botany*, 38(1), 99.
- Xu, X., Wang, H. J., Murphy, P. A., Cook, L., & Hendrich, S. (1994). Daidzein is a more bioavailable soymilk isoflavone than is genistein in adult women. *The Journal of nutrition*, 124(6), 825-832.
- Zhu, Z. Y., Gao, L., & Wang, J. K. (2003). *Illustrated handbook for medicinal materials from nature in Yunnan (Vol. 2)*. Yunnan Science and Technology Press: Kunming, 121.

## VII. ANEXOS



**Figura 14.** Recolección de muestra de hojas y ramas de *S. torvum*.



**Figura 15.** Floración de *S. torvum*.