





**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---



**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS DE AMOLE (*Sicyos  
depei* G.) PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN ECOLÓGICO**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO EN INGENIERÍA AGROFORESTAL**

**PRESENTA:**

**Alejandro Portilla Segura**

**DIRECTOR DE TESIS**

**Dr. José Filomeno Conrado Parraguirre Lezama**

**Tetela de Ocampo. Puebla, México. Noviembre 2014**



**BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA**

---

---

---



**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROHIDRÁULICA**

**EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS DE AMOLE  
(*Sicyos deppei* G.) PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN ECOLÓGICO**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**LICENCIADO (A) EN INGENIERÍA AGROFORETAL**

**PRESENTA**

**Alejandro Portilla Segura**

**DIRECTOR DE TESIS**

**Dr. José Filomeno Conrado Parraguirre Lezama**

**ASESORES**

**Dr. Omar Romero Arenas**

**Dr. Oscar Agustín Villarreal Espino Barro**

**Tetela de Ocampo. Puebla, México. Noviembre 2014**

La presente tesis titulada: **EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS DE AMOLE (*Sicyos deppei* G.) PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN ECOLÓGICO** y realizada por **Alejandro Portilla Segura**, ha sido revisada y aprobada por el siguiente consejo particular, para obtener el Título de:

LICENCIADO (A) EN INGENIERÍA AGROFORESTAL

Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica

Consejo Particular integrado por:

Firma

Director: Dr. José Filomeno Conrado Parraguirre

\_\_\_\_\_

Lezama

Asesor: Dr. Omar Romero Arenas

\_\_\_\_\_

Asesor: Dr. Oscar Agustín Villarreal Espino

\_\_\_\_\_

Barro

**Tetela de Ocampo. Puebla, México. Noviembre de 2014**

El presente trabajo forma parte del Cuerpo Académico denominado **“Recursos Naturales y Sistemas Agroforestales”** en la línea de investigación: **Los Sistemas Agroforestales para la transformación Industrial y el Desarrollo Socioeconómico de Comunidades Rurales**. Con número de registro BUAP-CA-265.

## **DEDICATORIA**

Esta investigación está dedicada a Padre Jesús por ser mi perseverancia y esperanza que es mi guía en el camino de la sabiduría, por acompañarme en los momentos más difíciles y por darme la oportunidad.

### **A mi Madre**

#### **Segura Huerta Olivia**

Por ser mi gran apoyo y fortaleza que está siempre incondicionalmente en los momentos de éxito y fracaso, a quien más respeto, admiro y amo con gran afecto, puesto que me impulsa a cada instante para enfrentar los retos constantes que hay en la vida, por concebirme y enseñarme a seguir adelante para ser una persona de bien, gracias mamá.

### **A mi Padre**

#### **Portilla González Ignacio**

Porque con su sabiduría y enseñanza me ha dado los mejores ejemplos de lucha y empeño ante las adversidades del camino de la vida, a lo largo de toda su existencia, me ha enseñado que si se quiere se puede, y que todo es posible, si se da todo de sí mismo y se aspira siempre a lo más alto.

### **A mí Hermano**

#### **Portilla Segura Daniel**

Por brindarme su apoyo incondicional y disfrutar de los momentos de felicidad y alegría.

### **A mis Tíos (as)**

#### **Roberto, Ramón, Prisciliano, Juana, Ángela, y Ninfa**

Por ser ejemplo de perseverancia y voluntad y brindarme un apoco extra. Gracias por sus consejos.

### **A mis amigos**

#### **Javier, Hugo, Vicente, Alfredo, Rodrigo, Luis Alberto y Raúl**

Por su valiosa amistad, consejos y compañía y sobre todo por ser parte de los momentos de alegría, tristeza, distracciones y emociones.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (BUAP), por brindarme la oportunidad de poder realizar la presente investigación.

A la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado (VIEP) por permitirme participar en los programa Jóvenes Investigadores Otoño, Jóvenes Investigadores Primavera y La Ciencia en tus manos.

Al laboratorio de bromatología de la Unidad Académica de Ingeniería Agronómica y Zootecnia, por brindarme una estancia placentera y grata durante el transcurso de la presente investigación.

Al programa de becas (PRONABES), por apoyarme económicamente durante mi estadía en la universidad y facilitar mis estudios.

Al Dr. Omar Romero Arenas por darme la oportunidad de participar en este proyecto de investigación y confianza en mi trabajo, porque me anima a seguir adelante preparándome día a día y porque a pesar de las circunstancias siempre me ha permitido demostrar mis conocimientos y mi esfuerzo. Gracias por ser un ejemplo de lucha constante, por su calidad humana y por confiar en mí.

Al Dr. José Filomeno Conrado Parraguirre Lezama por brindarme su amistad, asesoría, observaciones, correcciones, y recomendaciones en la presente investigación.

Al Dr. Oscar Agustín Villarreal Espino Barro mi agradecimiento por su amistad, y las sugerencias en la presente investigación.

A todos los profesores de la carrera de Ingeniería Agroforestal que contribuyeron en mi formación académica.

Al personal administrativo del campus por las facilidades otorgadas durante mi estancia escolar, por su amistad, tolerancia y ayuda incondicional

## ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>III</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>V</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVO</b> .....	<b>2</b>
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos particulares.....	2
<b>III. HIPÓTESIS</b> .....	<b>3</b>
<b>IV. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>4</b>
4.1 Antecedentes históricos del jabón.....	5
4.1.1 Definición del jabón.....	6
4.1.2 Tipos de jabones.....	6
4.1.3 Usos del jabón.....	8
4.1.4 Importancia de un jabón ecológico en las comunidades rurales.....	8
4.2. Amole.....	8
4.2.1 Clasificación taxonómica.....	9
4.2.2 Descripción botánica de la especie.....	9
4.2.3 Uso y manejo.....	10
4.2.4 Importancia del amole.....	12
4.3 Plantas sustituyentes del jabón.....	13
4.4 Definición saponina.....	16
4.4.1 Caracterización química y clasificación.....	16
4.4.2 Distribución natural.....	16
4.4.3 Propiedades.....	17
4.4.4 Importancia de las saponinas.....	17
4.4.5 Usos.....	18
4.4.6 Beneficios de las saponinas.....	19

<b>VI. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	20
5.1 Área de estudio.....	20
5.2 Preparación de las muestras colecta de la raíz, tallo y hojas del amole...	21
5.3 Proceso de preparación en seco.....	21
5.4 Prueba de espuma.....	22
5.5 Ensayo o Prueba de Hemólisis.....	22
5.5.1 Método de cultivo para la prueba de hemólisis.....	22
5.6 Extracción de saponinas.....	23
5.7 Cuantificación de saponinas.....	23
5.8 Elaboración del jabón ecológico a partir extractos de la raíz de amole...	23
5.9 Análisis químico proximal (AQP) de las hojas, tallos y raíces del amole	24
5.9.1 Determinación de materia seca (MS).....	25
5.9.2 Determinación de proteína cruda (PC).....	25
5.9.3 Determinación de fibra detergente neutra (FDN).....	26
5.9.4 Determinación de fibra detergente ácida (FDA).....	28
<b>VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	30
6.1 Muestreo de sitios.....	30
6.2 Niveles de concentración de la Prueba de espuma.....	33
6.3 Capacidad hemolítica de <i>Sicyos deppei</i> en medios de cultivo.....	34
6.4 Cuantificación de saponinas.....	35
6.5 Extracción.....	36
6.6 Jabón ecológico.....	37
6.7 Resultados de los análisis de bromatológicos de la raíz, tallo y hojas de <i>Sicyos deppei</i>	38
<b>VII. CONCLUSIÓN</b> .....	45
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b> .....	46
<b>IX. ANEXOS</b> .....	57

## ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
<b>Cuadro 1.</b> Ubicación taxonómica de <i>Sicyos deppei</i> (Rzedowski y Rzedowski, 2001).	9
<b>Cuadro 2.</b> Plantas sustituyentes del jabón.	15
<b>Cuadro 3.</b> Distribución de 10 puntos localizados en dos comunidades de Tetela de Ocampo, Puebla.	30
<b>Cuadro 4.</b> Cantidad de agua destilada en relación con la altura de la espuma.	33
<b>Cuadro 5.</b> Rendimiento de extracción de saponinas (método Soxhlet) de acuerdo al contenido de saponinas (miligramos por gramos de amole en base seca).	36
<b>Cuadro 6.</b> Característica químico-nutricional del porcentaje de materia seca en raíces de <i>Sicyos deppei</i> .	39
<b>Cuadro 7.</b> Característica químico-nutricional del porcentaje de materia seca en tallos de <i>Sicyos deppei</i> .	39
<b>Cuadro 8.</b> Característica químico-nutricional del porcentaje de materia seca en follaje de <i>Sicyos deppei</i> .	39
<b>Cuadro 9.</b> Característica químico-nutricional del porcentaje de proteína cruda en raíces de <i>Sicyos deppei</i> .	40
<b>Cuadro 10.</b> Característica químico-nutricional del porcentaje de proteína cruda en follaje de <i>Sicyos deppei</i> .	40
<b>Cuadro 11.</b> Característica químico-nutricional del porcentaje de proteína cruda en Tallos de <i>Sicyos deppei</i> .	41
<b>Cuadro 12.</b> Característica químico-nutricional del porcentaje de fibra detergente neutra en raíz de <i>Sicyos deppei</i> .	42
<b>Cuadro 13.</b> Característica químico-nutricional del porcentaje de fibra detergente neutra en tallo de <i>Sicyos deppei</i> .	42
<b>Cuadro 14.</b> Característica químico-nutricional del porcentaje de fibra detergente neutra en hojas de <i>Sicyos deppei</i> .	43
<b>Cuadro 15.</b> Característica químico-nutricional porcentaje de fibra	44

detergente neutra en raíz de *Sicyos deppei*.

**Cuadro 16.** Característica químico-nutricional del porcentaje de FDA en tallos de *Sicyos deppei*. 45

**Cuadro 17.** Característica químico-nutricional porcentaje de FDA en hojas de *Sicyos deppei*. 45

## ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
<b>Figura 1.</b> Ciclo de la investigación en el desarrollo de los detergentes (Domínguez, 1986).	5
<b>Figura 2.</b> Localización del municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México.	20
<b>Figura 3.</b> Determinación de los diferentes ecosistemas y factores ambientales que integran el municipio de Tetela de Ocampo y la influencia en el área de estudio.	31
<b>Figura 4.</b> Zonas de estudio donde se localizan los 10 puntos de la especie <i>Sicyos deppei</i> en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.	32
<b>Figura 5.</b> Curvas de nivel en el municipio de Tetela de Ocampo y la distribución de los 10 puntos de <i>Sicyos deppei</i> localizados.	32
<b>Figura 6.</b> Prueba de espuma a partir de las saponinas obtenidas de la raíz.	33
<b>Figura 7.</b> Niveles de concentración de agua destilada (CA1, CA2 y CA3) en relación con la altura de la espuma (AE1, AE2 y AE3).	34
<b>Figura 8.</b> A) Placa de gar sangre con presencia de saponinas y B) Placa control con agua	35
<b>Figura 9.</b> Curva de calibración de saponina <i>Sicyos deppei</i> contra contenido de azúcares.	35
<b>Figura 10.</b> Grafica de promedios con intervalos de confianza al 95% de metanol en relación con el contenido de saponinas.	37
<b>Figura 11.</b> Jabón ecológico con el logo impreso de la BUAP.	38

# EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE SAPONINAS DE AMOLE (*Sicyos deppei* G.) PARA LA ELABORACIÓN DE JABÓN ECOLÓGICO

## RESUMEN

En la familia Cucurbitaceae el género *Sicyos* es uno de los grupos vegetales que se consideran como plantas sustituyentes del jabón, además de que parte de ellas son endémicas de nuestro país, en especial esta especie es muy utilizada en las comunidades rurales del municipio de Tetela de Ocampo-Puebla, ya que su uso principal es para lavar la ropa, principalmente de lana. En la presente investigación se cuantificó el contenido de saponinas mediante la extracción de las mismas con el método Soxhlet presentes en la raíz del amole, determinando los análisis bromatológicos, evaluando las propiedades del crudo de saponinas obtenido de la raíz de amole para someterlo a ciertos ensayos como: la prueba de espuma, prueba de hemolisis y elaboración de jabón ecológico a partir de extractos naturales (raíz de *Sicyos deppei*). La prueba de espuma mostró altura promedio de 12 mm, el cultivo de Agar sangre presentó un halo de 5 mm de color amarillo por la actividad hemolítica de las saponinas. En la extracción de saponinas se obtuvo un promedio de 5.35 mg/mL utilizando metanol al 95%. El jabón ecológico demostró ser un detergente eficaz por su efecto limpiador. Para el análisis químico proximal a follaje (16.98% de MS, 13.92% de PC, 60.42% de FDN y 33.41% de FDA), tallo (14.17% de MS, 7.8% de PC, 53.58% de FDN y 50.79% de FDA) y raíz (23.86% de MS, 8.37% de PC, 72.22% de FDN y 7.83% de FDA). Los datos comprueban que las saponinas son fuente primordial para la elaboración de jabones ecológicos quedando como alternativa para las comunidades rurales, debido a su biodegradabilidad no contaminante del medio, además de ser una opción como complemento en la dieta para pequeños rumiantes.

**Palabras clave:** Detergente ecológico, forraje alternativo, análisis bromatológico

## EXTRACTION AND QUANTIFICATION OF SAPONINS OF AMOLE (*Sicyos deppei* G.) FOR THE DEVELOPMENT OF ECOLOGICAL SOAP

### ABSTRACT

In the family Cucurbitaceae the gender *Sicyos* is one of the vegetable groups that are considered like plants sustituyentes of the soap, plus some of them are endemic to our country, especially this species is very used in the rural communities of the municipality of Tetela de Ocampo-Puebla, since its main use is to wash the clothes, mainly of wool. In the present investigation the content of saponin was quantified by extracting them with the method Soxhlet present in the root of the amole, determining the compositional analyses, evaluating the properties of crude saponins obtained from the root of amole for submission to certain tests as the foam test, hemolysis test and elaboration of ecological soap starting from natural extracts (root of *Sicyos deppei*). The test foam showed average height of 12 mm, the cultivation of blood agar showed a halo of yellow 5mm by hemolytic activity of saponins. In the extraction of saponins was obtained average of 5.35 mg / mL using 95% methanol. The ecological soap proved an effective detergent for their cleaning effect. For the proximal chemical analyses foliage (16.98% of MS, 13.92% of PC, 60.42% of FDN and 33.41% of FDA), stem (14.17% of MS, 7.8% of PC, 53.58% of FDN and 50.79% of FDA) and root (23.86% of MS, 8.37% of PC, 72.22% of FDN and 7.83% of FDA). The data prove that saponins are primary source for the production of ecological soaps being an alternative for rural communities, due to its biodegradability nonpolluting the environment, besides being an option as a dietary supplement for small ruminants.

**Key words:** Ecological detergent, alternative forage, analysis chemical

## I. INTRODUCCIÓN

México es un país megadiverso y también una nación multicultural; se calcula que en su territorio existen más de 26 000 especies de plantas superiores y se hablan 62 lenguas indígenas. Esta conjunción de diversidad biológica y cultural ha dado como resultado una rica flora útil, de tal suerte que se calcula que cerca de 7 000 especies de plantas son usadas de alguna forma (Castro *et al.*, 2011). Sin embargo, la falta de recursos económicos y tecnológicos ha llevado a una escala muy ineficiente de búsqueda e investigación sobre el conocimiento de la flora con la que cuenta el país (López *et al.*, 2010), ya que cuenta con demasiadas especies que muestran desde su valor económico y ecológico, hasta su aspecto social, principalmente en las comunidades rurales. El amole (*Sicyos deppei* G.) es una planta que pertenece a la familia de las curbitáceas, crece de forma silvestre a las orillas de los ríos, terrenos cultivados, áreas perturbadas en general y en bosques de pino-encino en zonas del Valle de Tehuacán, el Bajío y el Valle de México (Lira, 2001). El amole crece en suelos arcillosos, en altitudes que van de los 1000 a los 2750 msnm. Es un recurso natural que se consideran como planta no deseada o hierba no deseada (Manzanero *et al.*, 2009). La pulpa de la raíz del amole contiene compuestos bioactivos de interés, entre los que destacan las saponinas, que presentan diversas propiedades de aplicación de agente emulsionante de grasas y aceites, formación de espumas en solución acuosa y es de gran interés para la industria farmacéutica (Elizalde *et al.*, 2008). Las saponinas son responsables de la formación de espuma abundante, relativamente estable al mezclarse y agitarse; pueden encontrarse en una gran variedad de plantas incluyendo la alfalfa, soya y semillas de leguminosas (López, 2000). La extracción de saponinas a partir de diversos materiales biológicos ha sido reportada bajo múltiples procedimientos. Sin embargo, dada la naturaleza polar de estos compuestos, todos los métodos coinciden en la extracción (caliente o frío), utilizando agua y alcoholes (metanol y etanol). La cuantificación de estos compuestos a partir de métodos indirectos, tales como la prueba de espuma y su capacidad hemolítica. Una vez considerando estos métodos, sobre el manejo de este recurso fitogenético amole (*Sicyos deppei* G.), se elaborará jabón ecológico biodegradable, como una alternativa amigable para el ambiente y para los pobladores de las comunidades rurales del Municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.

## II. OBJETIVO

### 2.1 Objetivo general

- Extraer y cuantificar las saponinas presentes en la raíz de amole (*Sicyos deppei* G.) para elaborar jabón ecológico

### 2.2 Objetivos particulares

- Identificar y determinar la distribución de poblaciones del amole (*Sicyos deppei* G.) a diferentes altitudes.
- Obtener saponinas a partir de la raíz de amole (*Sicyos deppei*) utilizando el método fitoquímico de extracción agua-metanol y extractos secos.
- Evaluar la composición bromatológica de la raíz, tallo y follaje de *Sicyos deppei*, en diferentes comunidades rurales.

### **III. HIPÓTESIS**

Los extractos de pulpa y fibra contenidos en la raíz de *Sicyos deppei* G. pueden ser transformados a jabones ecológicos permitiendo que sean utilizados por familias de las comunidades rurales impactando de manera integral (ecológico, social y cultural) a través de su aprovechamiento en las unidades de producción familiar.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

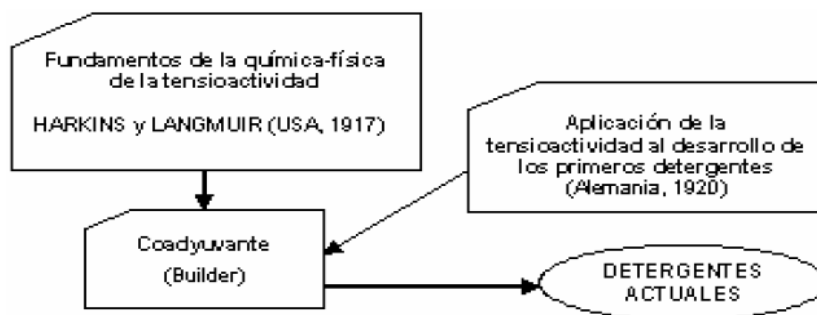
### 4.1 Antecedentes históricos del jabón

El primer agente limpiador fabricado por el hombre fue el jabón, cuya manufactura ha sido descrita en las Tablas de Lagas de los Sumerios en el año 2500 a. C; hervían diversos álcalis juntos y utilizaban su residuo para lavarse (Olguin, 2008). Las tablas sumerias son especialmente notables puesto que presentan de manera detallada el procedimiento de fabricación del jabón, incluyendo las cantidades de las materias utilizadas (aceite y cenizas de madera), así como su aplicación a la limpieza de textiles (Dorado, 1996).

Los antiguos egipcios ya utilizaban un producto jabonoso que consistía en una mezcla de agua, aceite y ceras vegetales o animales, fórmula que fue utilizada también por los griegos y los romanos los cuales conocieron una forma de jabón particularmente a través de los galos (Domínguez, 1986).

La utilización de cal viva como componente caustico en sustitución de las cenizas, es atribuida a los árabes en el siglo VII de nuestra era y permitió la preparación de jabones más fuertes. Con este avance, el jabón fue introducido primeramente a España, y de aquí, a todos los países mediterráneos. Después, a mediados del siglo XVIII, el jabón dejó de ser un artículo de lujo para convertirse en un producto barato y de utilización generalizada en todas las clases sociales. Más tarde, en los siglos XVIII y XIX, la industria se desarrolló ampliamente fabricándose en diferentes presentaciones: jabones duros, blandos, aromáticos, entre otros (Jakobi y Löhr, 1987).

Las nuevas generaciones de detergentes surgieron de las investigaciones de 2 norteamericanos, Harkins y Langmuir, que descubrieron sustancias sintéticas equiparables a los jabones y dotadas de la propiedad de acumularse preferentemente en las superficies, puesto que estos nuevos detergentes llevan incorporados coadyuvantes o builders. A continuación, se puede observar en la **figura 1** el ciclo seguido en las investigaciones para el desarrollo actual de los jabones y detergentes (Domínguez, 1986).



**Figura 1.** Ciclo de la investigación en el desarrollo de los detergentes (Domínguez, 1986).

En 1907 en Alemania, Henkel introduce el primer detergente en polvo bajo la marca “Persil”. Después, de la Primera Guerra Mundial, en 1928 H. Bertsch y colaboradores utilizando un alcohol graso como materia prima, y mediante sulfatación, consiguieron la primera sustancia detergente sintética. Posteriormente, en 1932 se formuló el primer detergente con sulfatos de alcoholes grasos, fue introducido en el mercado por Henkel (Alemania) y por Procter & Gamble en E.E.U.U. Para 1959 aparecieron los jabones alquínobencenosulfonatos y los tetrapropilénbenceno de sulfato que satisfacían el 65% de la demanda de detergentes en el mercado mundial (Jakobi y Löhr, 1987). Sin embargo, numerosas investigaciones mostraron que la biodegradación de este tensioactivo se hacía muy lenta. Como consecuencia, los ríos y lagos empezaron a exhibir espumas persistentes, reducción del oxígeno disuelto y desaparición de la flora y fauna acuática. Para resolver estos problemas, en 1960, la industria de los detergentes, bajo la amenaza de los reglamentos y de las leyes, desarrolló procesos de producción de alquilatos lineales que conducen a los llamados jabones o detergentes biodegradables (Jensen, 1999; Salager, 1996 y Scott y Jones, 2000).

Durante mucho tiempo se ha utilizado el término de jabonera norteamericana, el cual se ha empleado como nombre común de varias plantas de la familia de las Liliáceas nativas de la región occidental de América del Norte y conocidas por sus propiedades detergentes. Tienen hojas largas, estrechas, semejantes a las de las gramíneas, que brotan de un bulbo subterráneo. De estos bulbos se extraen unos compuestos llamados saponinas que se usan como sucedáneos del jabón y en la fabricación de éste (Álvarez, 2004).

Los pueblos indígenas norteamericanos utilizaban la planta para hacer jabón y en la actualidad las saponinas se emplean en la fabricación de detergentes y de líquidos extintores de incendios. La jabonera de California; crece hasta más de un metro de altura; las flores, blancas, estrelladas, con nervadura púrpura, se abren por la tarde (Álvarez, 2004).

#### **4.1.1 Definición del jabón**

Las palabras jabón y saponificación comparten el mismo pasado etimológico: “sapo”, el unguento limpiador que los antiguos galos preparaban con grasa animal mezclada con cenizas de madera. La química moderna ha refinado las materias primas, así como la técnica, pero la fabricación del jabón es básicamente igual que hace dos mil años, en una reacción química llamada saponificación, un ácido graso (de origen animal o vegetal) se combina con una solución de agua y de un álcali (hidróxido de sodio o de potasio) para producir jabón y glicerina (Fuentes y Nuñez, 2010). Los jabones son sales de ácidos grasos de larga cadena, su fabricación es muy antigua y son conocidos y utilizados desde hace varios milenios. Con el desarrollo de la industria cosmetológica, ha hecho posible la obtención de una amplia variedad de productos con el fin de ser utilizados para mejorar y/o mantener la belleza corporal; dentro de estos se encuentran los jabones, los cuales son utilizados para el cuidado y limpieza de la piel y el cutis (Sánchez *et al.*, 1997).

#### **4.1.2 Tipos de jabones**

Según Fuertes y Martínez (2007) y Gaita (2009) mencionan que en la actualidad se conocen distintos tipos de jabón, los cuales utilizamos en nuestra vida diaria, no sólo por su olor ni apariencia sino también por las propiedades que mantienen, entre los cuales se encuentran:

- **Los jabones comunes.** Sólidos y espumosos, hechos por lo general con sebo grasoso y sodio o potasio. Se indican para todo tipo de pieles y en algunos casos pueden usarse para lavar el cabello.

- **Los jabones humectantes.** Suelen tener aceites vegetales, otros poseen cremas humectantes en su composición, o grasas enriquecidos con aceite de oliva, avellana y otros. Los hay también de glicerina. Son útiles para las pieles secas o dañadas por el uso de detergentes.
- **Los jabones suaves.** Tienen en su composición aguas termales y son recomendados para las pieles sensibles.
- **Los jabones de tocador.** Los jabones de Tocador se elaboran a partir de aceites vegetales como materias primas; por ejemplo, de los aceites de coco, palma y oliva. Se refinan para librarlos de restos de soda cáustica, que perjudicarían la piel.
- **Los jabones dermatológicos.** Contienen agentes de limpieza sintéticos muy suaves, a los que se añaden vegetales que contribuyen a cerrar los poros, aliviando las irritaciones y frenando la aparición de acné o puntos negros. Con estos jabones la piel no se descama. Son recomendados para pieles que arrastran inconvenientes, ya sea de modo permanente o estacional, o ante apariciones puntuales de irritaciones.
- **Los jabones terapéuticos.** Son recetados por los médicos, algunos se recomiendan para psoriasis, para micosis cutáneas y otros para limpieza profunda de cutis. Por último se encuentran los jabones utilizados por la mayoría que son aquellos aromáticos a los que se les agrega esencias florales o frutales, no recomendables para pieles sensibles o las personas alérgicas. También tienen un efecto relajante en algunos casos, según la esencia floral que contengan.
- **Los jabones ecológicos.** Son elaborados a partir de extractos naturales (raíz, hojas o tallos) de manera tradicional en las comunidades rurales.

### **4.1.3 Usos del jabón**

Aunque el jabón es generalmente conocido como agente de limpieza y la mayor parte del detergente que actualmente se produce, se utiliza para éste fin, tiene también otros usos importantes como:

- Limpieza y lavandería.
- Textiles.
- Alimentos.
- Jabones sanitarios.
- Caucho sintético.
- Pinturas.
- Plásticos.
- Cosméticos.
- Agricultura.

### **4.1.4 Importancia de un jabón ecológico en las comunidades rurales**

El jabón convencional es una reacción química entre un elemento alcalino como puede ser la sosa (jabón sólido) o la potasa (jabón líquido) y un ácido graso (aceites y grasas empleadas en su fabricación). Esta reacción se llama saponificación (Westermann, 1987). Mientras que el jabón ecológico o natural, se biodegrada sin problemas, puesto que contiene biomoléculas (proteínas, vitaminas, carbohidratos, etc.), que se pueden romper fácilmente por hongos y bacterias, este se puede hacer en casa y resulta barato para la economía familiar (Torre, 2011).

## **4.2. Amole**

El amole (en náhuatl: atl-molli, ‘agua-guisado’, ‘Guisado de agua, por la espuma que produce al contacto con el agua’) es el nombre popular de varias plantas (Montemayor, 2008). Aunque son de diversos géneros, todas comparten propiedades saponíferas. Otra

maneras de llamar al amole (*Sicyos deppei*) es: tatana, chayotillo (San Luis Potosí, Valle de México, Veracruz), chayotillo espinoso, chicamole, dapalasal, ericillo, ximácol (náhuatl), ranxhaanaejatha (otomí), sanacoche, tatana (Valle de México), zanacocho (Lira, 2001 y Manzanero *et al.*, 2009).

#### 4.2.1 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de la especie *Sicyos deppei* es la siguiente (Rzedowski y Rzedowski, 2001):

---

**Cuadro 1.** Ubicación taxonómica de *Sicyos deppei* (Rzedowski y Rzedowski 2001).

---

**Reino:** Plantae

**Subreino:** Traqueobionta (plantas vasculares)

**Superdivisión:** Spermatophyta (Plantas con semillas)

**División:** Magnoliophyta (Plantas con flor)

**Clase:** Magnoliopsida (Dicotiledóneas)

**Subclase:** Dilleniidae

**Orden:** Violales

**Familia:** Cucurbitaceae

**Género:** *Sicyos*

**Especie:** *Sicyos deppei*

---

#### 4.2.2 Descripción botánica de la especie

(Basada en Espinosa y Sarukhán, 1997; Rzedowski y Rzedowski, 2001):

**Hábito y forma de vida.** Es una planta trepadora que puede estar colgada en frutales (durazno, capulín y aguacate), árboles maderables (encino (*Quercus* spp), ilite (*Alnus* spp), pino (*Pinus* spp), etc.) y algunos cultivos anuales (maíz principalmente).

**Tamaño.** Desde la base del tallo a la punta de las flores alcanza los 10 metros de largo.

**Tallo.** Es ramificado, con rayas longitudinales, sin pelos o muy escasos y con zarcillos de 3 a 4.

**Hojas.** Con pecíolos de 1 a 9 cm de largo, con pelos largos y erectos, limbo ovado, de 2 a 15 (20) cm de largo y de ancho, (3) 5 a 7 cm, lobado o angulado, lóbulo terminal triangular-oblongo, además tienen un ápice acuminado con márgenes serrulados, y su base es en forma de corazón.

**Inflorescencia.** La antera que es el órgano masculino para la producción del polen, mide de 8 a 18 cm de largo, sobre pedúnculos de más de 10 cm de largo. Mientras, el estigma, órgano femenino que recibe el polen durante la polinización, dispuesto en glomérulos sobre pedúnculos de 1 a 3 cm de largo.

**Flores.** Plantas con pedicelos de 5 a 12 mm de largo que son los responsables de la sustentación y conducción de sabia a las flores y es el que sostiene una inflorescencia o un fruto tras la fecundación. Además, se conecta con la corola de color amarillo-verdosa que posee un largo de 3 a 6 mm y de 3 a 6 (12) mm de diámetro y con un rango de flores masculinas y femeninas de 5 a 15.

**Frutos y semillas.** El fruto es de forma ovoide, seca indehiscente, unisemillado, con semillas dispersadas en los frutos, con un rango de 6 a 9 mm de largo y 4 a 7 mm de ancho, cuenta con una superficie verrucosa sin espinas y pelos. El color que presenta el fruto va desde verde oscuro, café, café amarillento o negruzco.

**Plántulas.** El hipocótilo cilíndrico tiene un largo de 15 a 40 mm. Los cotiledones tienen forma de lámina, elíptica a elíptico-aovada con un rango de 11 a 20 mm de largo y 4 a 14 mm de ancho y sin epicótilo. Las hojas alternas de lámina ampliamente ovada o con tendencia a palmatilobulada, tienen un largo de 5 a 15 mm y 5.5 a 7 mm de ancho, además tienen un ápice acuminado con márgenes regularmente dentados, y su base cordada, con pelos.

### 4.2.3 Uso y manejo

Las fincas o huertos familiares son considerados una práctica tradicional de uso de la tierra generalmente al lado de la casa y se caracterizan por la asociación de especies (vegetales y animales) y la producción diversificada (Viquez *et al.*, 1994). Mientras que Hernández *et al.*, (2005), define al traspatio como una práctica social, basada en la experiencia y conocimiento empírico que ha pasado de generación en generación, para conservar en sus viviendas rurales parte de la biodiversidad vegetal y animal que se encuentra en el ecosistema que habitan y conviven con la naturaleza. Así, estos sistemas de producción animal de traspatio, en el medio rural, se caracterizan por la crianza conjunta de diferentes especies, como bovinos, ovinos, cerdos, aves, entre otros (Gutiérrez *et al.*, 2007) y representa cerca del 10% de la producción avícola nacional (Lastra *et al.*, 1998), formando parte del sustento de campesinos e indígenas (OTS y CATIE, 1986), proporcionando proteína de origen animal y vegetal (Montemayor, 2007). Esta pequeña porción de tierra, es donde las familias producen hortalizas como jitomate, chiles, cilantro, algunas cucurbitáceas, así como plantas medicinales. Este espacio se destina también a la crianza de animales, principalmente de gallinas, guajolotes y cerdos, permite a las familias tener acceso a estos productos, mismos que debido a su bajo ingreso no podrían adquirir (Toledo, Alarcón y Barón, 1998). En los huertos familiares la planta del amole (*Sicyos deppei* G.) es originaria y endémica de México, que tiene usos múltiples en las localidades de Tilapa, San Nicolás, Benito Juárez y La Cañada, del municipio de Tetela de Ocampo, Pue., se le puede encontrar asociada con árboles frutales, árboles maderables o de uso múltiple de los cuales se destacan los siguientes:

- A) Humana.** La raíz de esta planta se usa para lavar la ropa principalmente de lana, posee un gran valor social, económico, ecológico y hasta su aspecto cultural para los agricultores o campesinos en las comunidades de escasos recursos (Manzanero, 2009).
  
- B) Alimentación animal.** Las hojas y los tallos de esta planta trepadora se aprovechan principalmente para el ganado ovino y caprino.

C) **Otros usos.** Los agricultores usan la raíz par aprevenir la caída del cabello, caspa, reumatismo y para elaborar jabón.

La raíz contiene gran cantidad de saponina que al estar en contacto con el agua genera bastante espuma, y se usa como jabón para lavar la ropa principalmente hecha de lana.

#### **4.2.4 Importancia del amole**

El enfoque que tienen los agricultores o indígenas sobre este recurso natural es un conocimiento tradicional, que ha pasado de generación en generación, para aprovechar este recurso natural, de esta manera se conserva y preserva el uso y aprovechamiento de esta planta. Por otra parte, el amole tiene un gran valor social, puesto que en las comunidades rurales, con elevados niveles de pobreza y desnutrición, los agricultores o indígenas tienen en sus huertos familiares pequeñas áreas destinadas a la producción de esta planta y se encargan de utilizarla para lavar la ropa de lana de ovino, además las hojas y guía del amole son usadas para la alimentación de ovinos y caprinos.

Las plantas de jabón son consideradas suaves y beneficiosas para limpiar la ropa y no contienen ningún álcali, es decir, no contienen ningún oxido o hidróxido metálico soluble en agua que tiene reacción básica, esto se debe a unas sustancias llamadas saponinas que producen espuma. Además, estos bioactivos se encuentran presentes en diferentes plantas como: la corteza secada en el interior del árbol (*Quillaja saponaria*), ha sido recogida para el empleo comercial en soluciones que extinguen fuego y como un agente que emulsionante para medicinas y alquitranes (Soap plant, 2013). Otra especie empleada para este fin es *Sapindus saponaria*, los frutos se usan en los estados de Veracruz, Puebla, Oaxaca, Yucatán, Guerrero y Tabasco como un detergente para lavar la ropa, matar peces por asfixia y además la madera se emplea para la fabricación de mangos para algunas herramientas agrícolas (Pennington y Sarhukán, 2005).

### 4.3 Plantas sustituyentes del jabón

En nuestro país existen una amplia variedad de plantas silvestres de la familia de las *Cucurbitaceae*, *Sapindaceae*, *Sparagaceae*, *Moraceae*, *Agavaceae*, *Rhamnaceae*, cuyas especies silvestres o en algunos casos endémicas son reportadas útiles en los diferentes estados de México. Algunas de ellas son conocidas por uno o más nombres locales y de ellas reciben nombres en lenguas nativas o indígenas. Los principales usos registrados abarcan amplias categorías, incluyendo medicina humana, sustituto del jabón, forraje, bioinsecticida, alimento, leña, y algunos usos provienen desde la época pre-Hispánica y colonial (Lira y Caballero, 2002). A continuación, se mencionan diferentes especies de plantas en México y otros países. La información se presenta para cada una de las especies y el resumen (**Cuadro 2**).

- El amole, amolilla, huaco o lirio (*Prochnyanthes bulliana* B.), es una planta que habita en laderas rocosas con vegetación de bosque de encino, pino y encino, pastizal y zonas de transición entre el encinar y el bosque tropical caducifolio, en altitudes de 1000 a 2700 m, se distribuye en México, Nayarit, Aguascalientes, Michoacán y Zacatecas (Guillot y Van, 2006; Castro *et al.*, 2010). El macerado del corno de las raíces se utiliza como sustituto del jabón e insecticida (Verhoek, 1978).
- El jaboncillo (*Sapindus saponaria* L.), es un árbol que se presenta en climas cálido y semicálido, con vegetación asociada a bosque tropical caducifolio, pastizal y matorral xerófilo (BDMTM, 2009), su extracto etanólico acuoso preparado a partir de tallos con la pulpa del fruto muestra actividad fungicida, antiinflamatoria e insecticida frente a las especies *Aplexamar morata* y *Tropicorbiskuennianus*, presentando un alto contenido de saponinas (Pelegri *et al.*, 2008), puesto que es muy usado para lavar la ropa.
- La morera posee excelentes cualidades nutricionales, entre las que se destacan su alto contenido de proteína y de energía, por lo que ha sido utilizada desde la década

de los noventa como alimento de muchas especies de animales (Martín *et al.*, 2014). Según García *et al.*, (2005) mencionan que los niveles presentes en el contenido total de las saponinas esteroidales en las hojas de morera, principalmente en periodo de lluvias (14,38 mg/g) aumenta y en la estación de primavera los tallos tiernos tienen un bajo nivel (2,52 mg/g), es decir, los niveles de toxicidad de *Morus alba* L. en la alimentación animal son bajos, por tal motivo, no presenta potencial deletéreo para rumiantes y monogástricos.

- *Agave brittoniana* es una subespecie endémica que se encuentra en la parte de la región central de Costa Rica y se usan las hojas tradicionalmente en el tratamiento de enfermedades parasitarias como el parásito *Trichomonas vaginalis* que provoca la enfermedad conocida como trichomonosis o tricomoniasis, los extractos y productos de las hojas son las saponinas (yuccagenina y diosgenina), son una alternativa frente a este parásito (Guerra *et al.*, 2008).
- La bijáguara (*Colubrina arborencens* M.), es una planta de zonas cálidas, se puede encontrar en Guatemala, México, Honduras y El Salvador. Sus hojas y tallos contienen: saponinas, triterpenos y quinonas y es empleada por la población para curar enfermedades tales como: reumatismo, quemaduras y para ciertos tipos de hongos conocidos por los campesinos (Rodríguez *et al.*, 2010).

**Cuadro 2.** Plantas sustituyentes del jabón

<b>Especie</b>	<b>Región/Estado</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Usos</b>	<b>Partes de plantas usadas</b>	<b>Fuente de información</b>
<i>Cayaponia attenuata</i>	Chiapas	Jaboncillo	Sustituto del jabón	Toda la planta	Instituto de Biología (2008a)
<i>Cayaponia racemosa</i>	Chiapas, Oaxaca, Yucatán	Bolita, chilillo	Sustituto del jabón y bioinsecticida	Toda la planta	Lira y Rodríguez (2006) y Balick <i>et al.</i> , (2002)
<i>Cucurbita argyrosperma</i> spp <i>sororia</i>	Chiapas, Jalisco Guerrero y Michoacán	Calabaza de caballo, aguachichi	Medicinal, artesanía, bebida, forraje, comida y sustituto del jabón	Cascara del fruto, fruto y hojas	Lira (1995)
<i>C foetidissima</i>	Chihuahua, Nuevo León, Coahuila e Hidalgo	Aala, chichicamole, calabacilla	Medicinal, forraje, comida y sustituto del jabón	Raíces, semillas, frutos	Mata y Salas (2014)
<i>C lundelliana</i>	Península de Yucatan	Calabacita, calabacita de monte	Sustituto del jabón	Pulpa del fruto	Mata y Salas (2014)
<i>C pedatifolia</i>	Puebla	Calabacilla, torito	Sustituto del jabón	Frutos	Nee (1990)
<i>C langaei</i>	Chiapas, Guerrero, Oaxaca, Hidalgo, Jalisco y Puebla	Macuilquilitl, yuva xindi kava	Sustituto del jabón, consumo para el ganado	Raíces y hojas tiernas	Padilla <i>et al.</i> , (2008)
<i>Microsechium helleri</i>	México, Oaxaca y Puebla	Chayotillo, amole de bejuco y chicamole	Sustituto del jabón y pesticida natural	Raíces	Hernández <i>et al.</i> , (2011)
<i>Peponopsis adhaerens</i>	Puebla y Querétaro	Calabacilla	Sustituto del jabón	Fruto	Lira (1997) e Instituto de biología (2008b) y UNAM (2009)
<i>Sapindus saponaria</i>	Puebla, Veracruz , Tabasco	Jaboncillo	Sustituto del jabón	Corteza y pulpa del fruto	y UNAM (2009)
<i>Prochnyanthes bulliana</i>	Nayarit, Aguascalientes y Michoacán	Amole, huaco y lirio	Sustituto del jabón e insecticida	Raíces	Guillot y Van, (2006) y Castro <i>et al.</i> , (2010)

#### **4.4. Definición saponina**

La saponina es un glucósido blanco amorfo que tiene la propiedad de hacer abundante espuma cuando se agita con el agua. Se utiliza en la producción de espuma para la extinción de incendios, como detergente en la industria textil, en colados, como sustituto del jabón, agente emulsificante para grasas y aceites (Niembro, 1986). Mientras que Domínguez, (1979) menciona que las saponinas podrían definirse como compuestos no volátiles con actividad surfactante, formados por el metabolismo secundario de gran parte del Reino Vegetal. Estas constituyen un grupo de glucósidos que se disuelven en agua y disminuyen fácilmente la tensión superficial de ésta, tienen la propiedad de producir abundante espuma relativamente estable.

##### **4.4.1 Caracterización química y clasificación**

Los compuestos orgánicos como son los glucósidos de esteroides (neutros) o de triterpenoides (ácidos), se clasifican de acuerdo al número de aglicona de base, y también por su carácter ácido, alcalino o neutro (Vieira, 2011).

El carácter ácido causado por la presencia de carboxilo se agrupa en la aglicona o la cadena de azúcar. El carácter básico debido a la presencia de nitrógeno, usualmente en la forma de una amina secundaria o terciaria, tal como glucósidos esteroides en nitrógeno.

##### **4.4.2 Distribución natural**

Las saponinas son estudiadas por su importancia biológica e industrial. Se encuentran en las plantas más diversas y constantemente aparecen nuevos descubrimientos. Las saponinas esteroides se encuentran especialmente en las monocotiledóneas: Dioscoraceae, Amarylidaceae, Agavaceae.

#### **4.3 Plantas sustituyentes del jabón**

Algunas especies como *Strophantus* y *Digitalis*. También existen en algunos equinodermos. Algunos ejemplos de saponinas esteroides son: sarsaponina, digitonina,

gitonina y dioscina. Mientras que las saponinas triterpenoides son abundantes en las dicotiledóneas: cariofiláceas, sapindáceas, poligaláceas y sapotaceas; también en las cucurbitáceas, araliáceas, oleáceas, diaceas y compuestas. Algunas saponinas triterpenoides son: aescina, aralina, guayaco-saponina y ácido glicirríco (Anaya, 2003).

#### 4.4.3. Propiedades

- **Tensioactivos.** Son sustancias que por disminución de la tensión superficial forman espuma (poder afrógeno) y forman emulsiones (emulgentes). Es la principal propiedad física de las saponinas.
- **Poder hemolítico.** En contacto con la sangre destruyen los glóbulos rojos ya que interaccionan con el colesterol de la membrana de los eritrocitos
- **Ictiotóxicas.** Son tóxicas para los animales de sangre fría (peces).
- **Solubilidad.** Son solubles en agua y solventes polares (etanol y metanol) e insolubles en disolventes apolares (éter de petróleo, cloroformo, hexano), como heterosidos. Los aglicones libres no son solubles en agua y son solubles en disolventes orgánicos.

#### 4.4.4 Importancia de las saponinas

Las saponinas (del Latín *sapón*, jabón) constituyen un grupo amplio de glucósidos ampliamente distribuidos en las plantas superiores, puesto que son solubles en agua y disminuyen la tensión superficial de esta. Además, son responsables de la formación de espuma abundante, relativamente estable, cuando se mezcla y se agita, se pueden encontrar en una gran variedad de plantas incluyendo la alfalfa, soya y semillas de leguminosas (López, 2000). Esta son una clase estructuralmente diversa de compuestos que se encuentran presentes en especies de plantas, que es caracterizada por un esqueleto sacado del precursor de 30 carbonos, oxido escualeno unidos a residuos glicosil (Vincken *et al.*, 2007). Por otra parte, actúan como defensas químicas de las plantas, estos compuestos son

bastante antifúngicos, y la mayoría de los microorganismos que habitan plantas productoras de estas moléculas, poseen mecanismos que les permiten tolerar dichas defensas químicas. Tal es el caso de patógenos del tomate como *Septoria copersici* y *Fusarium oxysporum* (Díaz, 2009).

#### **4.4.5 Usos**

Antes de que el hombre creara la gran industria del jabón se usaban jabones naturales llamados saponinas (nombre derivado del latín *sapo*, jabón) y conocidos por los mexicanos como amole (Hernández, 1997). Muchas raíces y follaje de plantas tienen la propiedad de hacer espuma con el agua, por lo que se han sido utilizadas desde la antigüedad para lavar ropa. Los pueblos prehispánicos del centro de México llamaban amole a estas plantas y eran sus jabones. Aun en la actualidad en muchas comunidades rurales se emplea el amole para lavar prendas de lana así como también ropa fina, con el fin de evitar que se deteriore, ya que es un detergente neutro perfectamente biodegradable. Algunos de los diferentes usos que poseen las saponinas entre otros es que se pueden usar como veneno de peces, macerando en agua un poco del órgano vegetal que lo contiene, con la ventaja de que los peces muertos por este procedimiento no son tóxicos (Romo, 1988).

Las saponinas extraídas de la quinua se utilizan en la industria farmacéutica, puesto que produce un efecto al inducir la permeabilidad intestinal, esto colabora en la absorción de medicinas particulares y en los efectos hipocolesterolémicos. Otras propiedades en el área farmacéutica son como antibiótico y para el control de hongos, además es un potente insecticida natural que no genera efectos adversos en el hombre o en los animales, destacando su uso potencial para el manejo integral de plagas (FAO, 2013).

#### **4.4.6 Beneficios de las saponinas**

Las saponinas al ser utilizadas como fuente alternativo para lavar prendas tiene otros usos benéficos utilizados por las personas a continuación se describen algunos de estos:

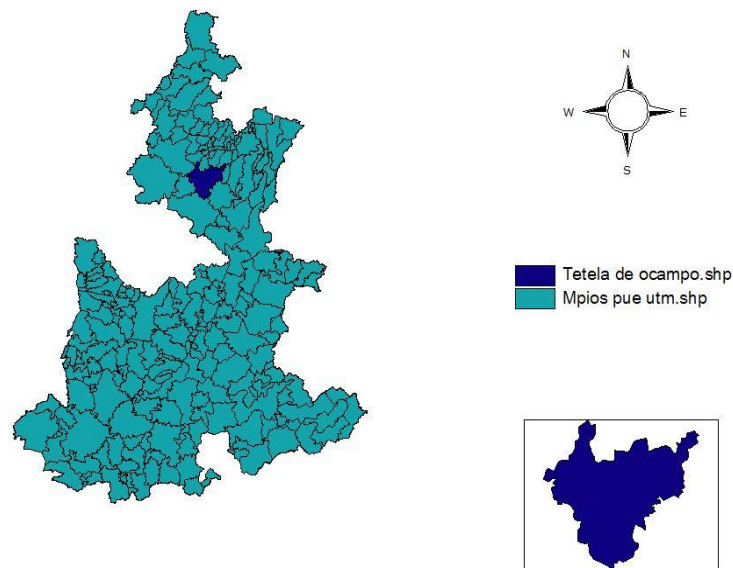
- Muy útil para tratar y aliviar ataques de gota debido a sus cualidades diuréticas.
- Se utiliza también en casos de oliguria, urolitiasis, cistitis, reumatismo, colecistitis, hiperlipidemias, prevención de la arteriosclerosis, etc.
- Es usado para detergente, cerveza, champú, pasta dental, pesticidas, antibiótico.
- Útil en uso externo para tratar dermatosis y furunculosis, mialgias, eczemas, dermatitis seborréicas, acné, estomatitis, amigdalitis.
- Con sus hojas se puede preparar una infusión y con las raíces una decocción o extracto fluido para tratar afecciones respiratorias.

## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### Fase de campo

#### 5.1. Área de estudio

El trabajo de investigación en campo se llevó a cabo en las comunidades de Tetela de Ocampo, Puebla. Entre las coordenadas geográficas 19° 47' 11" a 19° 45' 56" Latitud N y 97° 48' 33" a 97° 49' 22" Longitud O; con una altitud entre 1 200 y 3 200 msnm (Figura 2); el área de muestreo fue de acuerdo a la ubicación de la plantas de amole en las diferentes comunidades como son: La Cañada, Tilapa, San Nicolás y Benito Juárez. Donde se localizó e identifico la vegetación asociada, principalmente de pino-encino. El suelo dominante es luvisol (81%), andosol (9%), phaeozem (5%), cambisol (3%) y arenosol (1%), con un clima templado húmedo con abundantes lluvias en verano, la temperatura anual de 16°C; una precipitación media anual de 750 mm y la del mes más seco es mayor de 40 mm. Sus colindancias son al norte con los municipios de Zacatlán, Tepetzintla y Cuautempan; al este con los municipios de Xochiapulco y Zautla; al sur con los municipios de Ixtacamaxtitlán y Aquixtla y al oeste con los municipios de Aquixtla y Zacatlán (INEGI, 2009a).



**Figura 2.** Localización del municipio de Tetela de Ocampo, Puebla, México.

## **5.2. Preparación de las muestras colecta de la raíz, tallo y hojas del amole**

Los recorridos se llevaron a cabo en las comunidades rurales (La Cañada y Tilapa), para ello se tuvo que visitar a cada una de las comunidades donde en cada una de ellas se escarbo con un pico para quitar la tierra de las raíces, una vez obtenidas las raíces se procedió a colocarlas en diferentes bolsas de plástico y cada una etiquetada por cada sitio de muestreo, esto se hizo para las raíces, tallo y hojas para ser transportadas al laboratorio donde fueron lavadas. Las raíces colectadas fueron usadas exclusivamente como muestras de laboratorio para analizar sus propiedades. Además, se georreferenció cada uno de los lugares que se estudiaron con el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS), éstas fueron descargadas a una computadora y posteriormente fueron introducidos y manipulados en los programas de Google Earth, ArcView y MapSource, para determinar las diferentes puntos de distribución geográfica, así como la vegetación asociada, tipo de agricultura, ecosistemas y curvas de nivel. Además, el uso que se puede tener en estas comunidades rurales de escasos recursos y el manejo que se le da a dicha planta. Las muestras colectadas se llevaron al laboratorio en las instalaciones de la Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica, del programa de Ingeniería Agroforestal de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, dicha colecta se realizó en otoño y se obtuvieron raíces, tallos y hojas.

## **5.3 Proceso de preparación en seco**

En este proceso se realizó el lavado, pesaje y separación de las raíces de *Sicyos deppei* de la siguiente manera:

1. Lo primera parte que fue quitarle la tierra a las raíces del amole utilizando un cepillo con cerdas suaves agregando agua para que la tierra se desprenda poco a poco.
2. La segunda parte fue pesar las raíces de los diferentes sitios de colecta con una báscula granataria.
3. La última parte fue quitarle con un cuchillo la epidermis de la raíz donde se encuentra más fibra.

## **5.4 Prueba de espuma**

La prueba de espuma propuesta por Marini-Benotto en 1928, que consiste en determinar si habrá o no la presencia de saponinas en la raíz de *Sicyos deppei* (corteza, pulpa y fibra). Para ello, se colocaron 10g de muestra con 75 ml de agua destilada a 40° C aproximadamente en un matraz Erlenmeyer, inmediatamente se agitó vigorosamente durante 5 minutos. La prueba se considera positiva si la espuma perdura por más de 5 minutos (Martínez, 2001).

## **5.5 Ensayo o Prueba de Hemólisis**

La prueba de hemólisis se hizo con el propósito de comprobar que estén presentes las saponinas en la raíz de *Sicyos deppei* para que pueda producirse el rompimiento de las células sanguíneas (glóbulos rojos o eritrocitos), la cual es una característica importante que presentan las saponinas. La prueba se realizó por medio de un cultivo PDA (Papa, Dextrosa y Agar), utilizando 5 ml de sangre ovina, cajas de Petri, estufa de cultivo Marca Thermo Núm. 100, cámara de flujo laminar Modelo NOVATEL, pipeta y pera de goma.

### **5.5.1 Método de cultivo para la prueba de hemólisis**

Se tomaron muestras del crudo de las saponinas para ponerlas en los medios de cultivo de agar sangre. Lo primero que se hizo fue pesar 9.75gr de agar papa dextrosa (PDA), y medir 250 ml de agua destilada, después se depositó el agua con PDA en un matraz y se esterilizó en autocable (ALL AMERICAN) a 121°C durante 15 minutos, una vez transcurrido se sacó el medio de cultivo para dejarlo enfriar hasta una temperatura de 40°C. Posteriormente, se le agregaron los 5 ml de sangre ovina en el medio de cultivo de PDA, se agito suavemente de manera manual durante 2 minutos de manera circular para homogenizar la sangre con el PDA. Una vez homogenizado el agar sangre se vertió en las cajas de Petri de plástico estériles (90 mm de diámetro), se esperó a que gelificara el agar sangre, se taparon las cajas de Petri con un plástico adherible para evitar una posible contaminación por la entrada de patógenos. Después, de que pasaron 24 horas se revisaron las cajas de Petri para observar que ningún patógeno las infectó, posteriormente con una pipeta se liberaron 2 gotas de extracto del amole en el centro de una de las placas de agar-sangre y 2 gotas de agua

destilada en la otra (que va hacer la placa control), dentro de una campana de flujo laminar Modelo NOVATEL. Se introdujeron en una estufa de secado, marca RIOSSA H-41 a 37°C durante 24 horas. Al observar un halo de color amarilla, alrededor del lugar donde se vertieron las 2 gotas de disolución del extracto del amole, producido por la hemólisis, esto es que los glóbulos rojos se rompen (lisan o hemolizan), y así se confirma que la prueba es positiva, ya que la placa control no presenta cambios (García, 2006).

## **5.6 Extracción de saponinas**

Para realizar la prueba de extracción de saponinas se tomaron 5 gramos de muestra seca, tamizada y molida de la raíz del amole, por medio de una extracción sólido-líquido, en un equipo Soxhlet, a esta se le adicionó una mezcla de metanol-agua 300 ml al 95% haciendo este reflujo durante 2 horas. El extracto se condensó por sequedad en Baño María para la eliminación del metanol. Después, el extracto se disolvió en etanol al 50% y se le añadió igual volumen de benceno con metanol al 5% y se agitó vigorosamente durante 1 hora más, al concluir con dicho tiempo la mezcla se filtró y se decantó en un embudo de separación; la fracción no polar se eliminó y la fracción polar se reservó para la cuantificación de las saponinas (Domínguez, 1979 y García 2006).

## **5.7 Cuantificación de saponinas**

Para este experimento se deben tomar 5 ml de muestra en un matraz de Erlenmeyer y se adicionó 30 ml de agua destilada. El matraz se puso a baño María a una temperatura entre 60-70 °C, enseguida se le agregaron 3 ml de ácido clorhídrico (HCl), manteniendo las condiciones durante 15 minutos. Inmediatamente se detuvo la reacción en baño de hielo y se ajustó el pH con NaOH a 6.8 por último se aforo a 50 ml y se efectuó la determinación de azúcares por el método DNS (ácido 3,5 dinitro salicílico) (Bello *et al.*, 2006 y Hernández *et al.*, 2005b), para lo que se usó un espectrofotómetro Jenway 6300.

## **5.8 Elaboración del jabón ecológico a partir extractos de la raíz de amole**

Se colectaron raíces de amole (*Sycios deppei*) en las comunidades de La Cañada y Tilapa. Después, las muestras recolectadas se lavaron para poder quitarles la epidermis con un cuchillo. Se cortaron en pequeños trozos para después pesar 500 g de muestra con una

báscula digital marca OHAUS modelo PSA06R-120 y se depositaron en una olla de presión con 1.5 litros de agua durante 120 minutos. Se dejó enfriar la raíz del amole durante 15 minutos. Posteriormente, se molieron en una licuadora marca Osterizer los trozos de amole hervidos, a los cuales se le adiciono 130 mL de agua y 100 g de sábila sin epidermis. Una vez molidos los trozos de amole y sábila se colocaron en una cazuela de barro que se colocó en una estufa de gas marca MABE, se encendió la parrilla a fuego lento durante 5 minutos, una vez agotado el tiempo se encendió al máximo, también se utilizó una cuchara de madera de aile para revolver la mezcla y no se pegará el macerado de amole con sábila. Este proceso duro aproximadamente 45 minutos hasta que el macerado de amole adoptó una coloración café claro y se dejó enfriar 5 minutos. Transcurridos los 5 minutos, se retiró el macerado colocándolo en moldes de 10 cm de diámetro, con papel para hornear o pintado ligeramente con aceite de cocina para que no se quede pegado, se le puso un sello con el logo de la BUAP. Después, se taparon los moldes con una toalla para dejarlos reposar durante 24 horas y estos se endurezcan. Se esperaron 2 días para que se endureciera, transcurrido este plazo podrá ser usado de forma normal (Sabonet, 2014 y NM, 2013).

## **Fase en laboratorio**

### **5.9 Análisis químico proximal (AQP) de las hojas, tallos y raíces del amole**

Los análisis proximales se llevaron a cabo en las instalaciones de la Unidad Académica de Ingeniería Agrohidráulica, del programa de Ingeniería Agronómica y Zootecnia de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, la cual se ubica en el municipio de Tlatlauquitepec Puebla (INEGI, 2009b).

#### **5.9.1 Determinación de materia seca (MS)**

Se colectaron muestras la raíz, guía y follaje de la enredadera amole (*Sicyos deppei*) en la comunidad de La Cañada. Después, las muestras recolectadas se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS, modelo PSA06R-120. Las muestras se depositaron en una bolsa de papel para ponerla a secar en una estufa de secado, marca RIOSSA H-41 durante 72 horas a una temperatura de 55°C, volteando las bolsas cada 24 horas para obtener un

secado homogéneo. Para obtener el porcentaje de MS se hicieron los cálculos con la siguiente fórmula (Seibel, 1989 y ARC, 1980):

$$\%MS = \frac{(PF)}{(PI)} \times 100$$

*Dónde:*

**MS**= Materia seca

**PF**= Peso final de la muestra

**PI**= Peso inicial de la muestra

### **5.9.2 Determinación de proteína cruda (PC)**

Las muestras secas se molieron en un molino Pulvex mini 100, después con una báscula digital marca OHAUS modelo PSA06R-120 se pesaron 0.10000 g de muestra y se depositó en un matraz de digestión Kjeldahl de 100 mL con 1.0000 g de selenio (catalizador) más 3 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), y se colocaron los matraces en el digestor Kjeldahl, se encendió la parrilla al número 4 durante 5 minutos, durante 5 minutos, una vez transcurrido este tiempo, se giró la perilla al máximo, se utilizó una campana extractora de gases para evitar alguna intoxicación, este proceso duro aproximadamente 45 minutos y durante este paso se movieron las muestras de manera que éstas quedaran perfectamente mezcladas, hasta adoptar una coloración verde esmeralda y se trasladó a un tubo de destilación con pequeñas porciones de agua destilada, en el extremo del condensador se colocó un matraz Erlenmeyer de 250 mL al cual se le adicionaron 10 mL de solución de ácido bórico al 4 %, cuidando que la parte final del condensador quedara sumergido dentro de la solución. Posteriormente, se adicionaron 10 mL de hidróxido de sodio (NaOH) 10 N y se destilo durante 7 minutos. Transcurridos los 7 minutos, se retiró el matraz Erlenmeyer que se colocó en el extremo del condensador y se tituló con una solución valorada de ácido sulfúrico al 0.0508 N, tomando la lectura del gasto inicial con la utilización de una bureta de 100 ml, posteriormente se tomó la medida del gasto final, observando que la muestra del matraz cambiara de color (verde-gris-rojo). La fórmula utilizada para la determinación de % de PC, fue la siguiente (AOAC, 1990).

$$\% \text{ PC} = \frac{(\Theta - \mathbf{B})(\mathbf{N})(1.4)(6.25)}{\text{PM}}$$

*Dónde:*

**%PC**= Proteína cruda

**N**= Nitrógeno (0.05)

**Θ-B**= Gasto de la titulación inicial y Gasto de la titulación final

**PM**= Peso de la muestra (0.1000)

El porcentaje nitrógeno resultante de la operación se multiplicó por el factor 6.25 y el resultado obtenido será la proteína cruda determinada.

### **Determinación de componentes estructurales por el método de Van Soest**

#### **5.9.3 Determinación de fibra detergente neutra (FDN)**

La técnica para la determinación de la fibra detergente neutro es usada para la determinación de los constituyentes de la pared celular, permitiendo que este método rápido separe la fracción fibrosa de la fracción soluble. Se fundamenta en la acción de un detergente sobre la muestra que al final deja todos los componentes de la pared celular: hemicelulosa, celulosa y lignina (Van Soest, 1963).

- Equipo para la determinación de fibra marca Labconco y sus accesorios
- Sistema de vacío múltiple para filtrado.

Reactivos:

1. Solución detergente neutro.
  - a) 1 L de agua destilada.
  - b) 30 g de lauril sulfato de sodio, U.S.P.
  - c) 18.61 g de EDTA, G. R.
  - d) 4.56 g de fosfato ácido disódico anhidro, G. R.

- e) 6.81 g de tetraborato de sodio dehidratado, G. R.
  - f) 10 ml de etilen glicol monoetil éter purificado.
2. Acetona libre de coloraciones y que no deje residuos después de su evaporación.
  3. Decahidronaftaleno, G. R.
  4. Sulfato de sodio anhidro, G. R. (sólo en muestras que contengan coloraciones como excretas).

Procedimiento:

La determinación de la Fibra Neutra Detergente (FDN), se realizó por el método Van Soest (2002), este procedimiento comienza pesando 0.3500 g de muestra seca en la balanza analítica, y después se pesó el papel filtro, la muestra se depositó en el digestor junto con 35 mL de la solución detergente neutro. Cuando la mezcla comenzó a hervir en el digestor a 90 °C se redujo la temperatura, esto para evitar la formación de espuma, y se contó 1 hora con 10 minutos a partir de ese momento. Una vez transcurrido el tiempo se colocó el papel filtro en un embudo de filtrado, evitando cualquier espacio por donde se pudiera perder muestra. Se agitó el tubo para suspender los sólidos y se vertió. Se encendió el vacío después de agregar la solución. Se agregó agua caliente (90 a 100 °C) al embudo y se filtró el líquido; este proceso de lavado se repitió varias veces, al igual se lavó con acetona del mismo modo. Una vez listo el proceso anterior se sacó el papel filtro con la muestra del embudo y se colocó en una charola dentro de la estufa a 100 °C durante una hora. Al pasar este lapso, se sacó la muestra para dejarla enfriar. Por último, se pesó en la balanza analítica, determinando así los rendimientos de la fibra detergente neutro recuperada, expresada como porcentaje de constituyentes de la pared celular (CPC).

Para determinar el porcentaje de constituyentes de la pared celular por el método de Van Soest se utilizó la siguiente fórmula:

$$\text{FDN} = \frac{(P \text{ Crisol} + M) - P \text{ Crisol}}{P \text{ Muestra}} \times 100$$

*Dónde:*

**FDN** = Fibra detergente neutra.

**P Crisol** = Peso del crisol o el papel filtro.

**M** = Muestra.

**P Muestra** = Peso de la muestra (0.3500).

#### **5.9.4 Determinación de fibra detergente ácido (FDA)**

El procedimiento de fibra detergente ácida (FDA) es el paso previo para la determinación de lignina y celulosa, presentes en las plantas o alimentos. Además, contiene una pequeña cantidad de proteína que queda unida a la fibra y a los minerales solubles como la sílice. La técnica se basa en la dilución con un detergente en un medio ácido de las proteínas, grasas, pigmentos y otros compuestos que no sean ligno-celulósicos (García, 2004).

- Equipo para determinación de fibra cruda marca Labconco y sus accesorios.
- Sistema de vacío múltiple para filtrar.

Reactivos:

1. Decahidronaftaleno, G. R.
2. Acetona. Usar de una pureza que sea libre de colorantes y que no deje residuos después de su evaporación.
3. 1 L de solución detergente ácido:
  - a) Ácido sulfúrico grado reactivo estandarizado a 1 N: 49.04 ó 27.17 ml de ácido sulfúrico concentrado.
  - b) Bromuro de cetiltrimetil amonio (CTAB) grado técnico 20.00 g.
  - c) Se pesa el ácido sulfúrico y se lleva a volumen deseado con agua destilada a 20°C. Comprobar la normalidad titulando la solución antes de añadir el detergente. Una vez hecho esto se añade el CTAB y se agita la solución.

Procedimiento:

La determinación de la Fibra Neutra Detergente (FDN), se realizó por el método Van Soest (2002), este procedimiento comienza pesando 0.3500 g de muestra seca en la balanza analítica, después se pesó el papel filtro, la muestra se depositó en el digestor junto con 35 mL de la solución detergente acida. Cuando la mezcla comenzó a hervir en el digestor a 90 °C se redujo la temperatura, esto para evitar la formación de espuma, y se contó 1 hora con 10 minutos a partir de ese momento. Una vez transcurrido el tiempo se colocó el papel filtro en un embudo de filtrado, evitando cualquier espacio por donde se pudiera perder muestra. Se agitó el tubo para suspender los sólidos y se vertió. Se encendió el vacío después de agregar la solución. Se agregó agua caliente (90 a 100 °C) al embudo y se filtró el líquido; este proceso de lavado se repitió varias veces, al igual se lavó con acetona del mismo modo. Una vez listo el proceso anterior se sacó el papel filtro con la muestra del embudo y se colocó en una charola dentro de la estufa de secado, marca RIOSSA H-41 a 100 °C durante 1 hora. Al pasar este lapso, se sacó la muestra para dejarla enfriar. Por último, se pesó en la balanza analítica determinando así los rendimientos de la fibra detergente acida recuperada expresada como porcentaje de constituyentes de la pared celular (CPC). Para determinar el porcentaje de constituyentes de la pared celular por el método de Van Soest se utilizó la siguiente fórmula:

$$FDA = \frac{(P \text{ Crisol} + \text{muestra}) - P \text{ Crisol}}{P \text{ Muestra}} \times 100$$

*Dónde:*

**FDA** = Fibra detergente acida.

**P Crisol** = Peso del crisol o el papel filtro.

**M** = Muestra.

**P Muestra** = Peso de la muestra (0.3500)

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

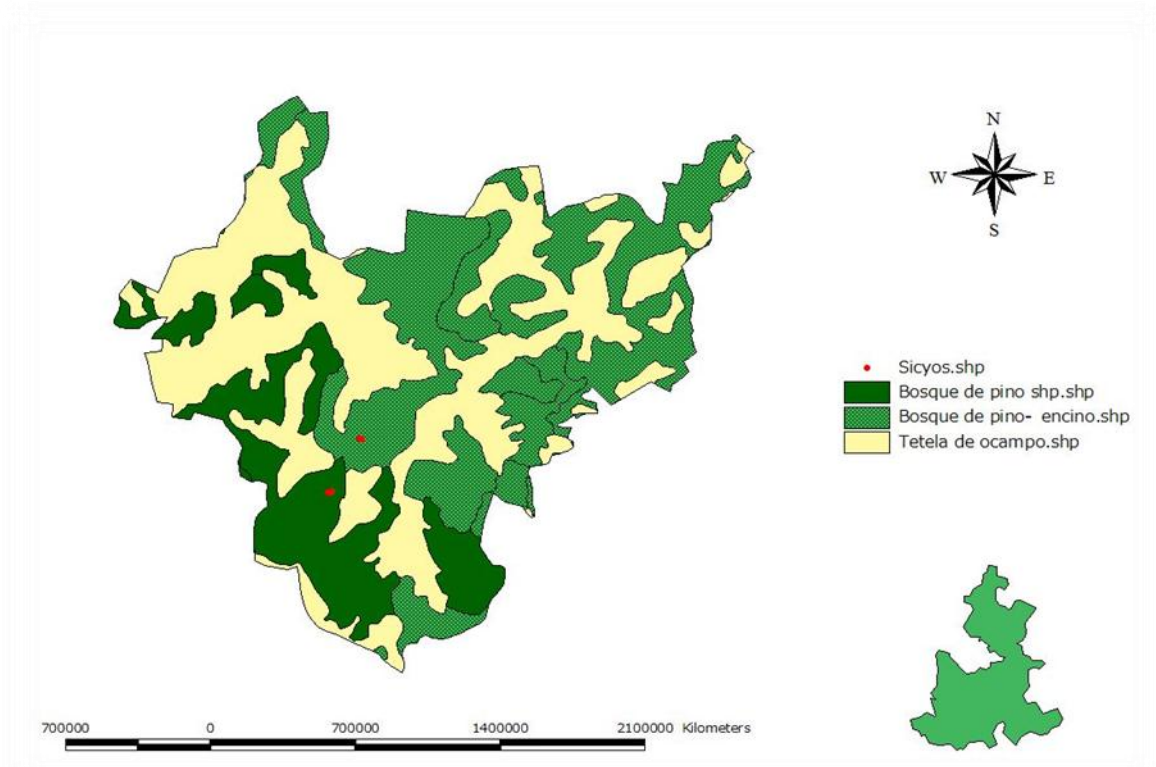
### 6.1 Muestreo de sitios

Los recorridos fueron a campo para la ubicación geográfica de las diez plantas distribuidas en las dos comunidades. El primer recorrido se realizó en la época de primavera 2014; de cada sitio en la comunidad de La Cañada donde se detectaron plantas trepadoras de amole, para ello se utilizó un GPS marca GARMIN para tomar los puntos de las plantas, después se prosiguió a ir a la localidad de Tilapa donde se detectaron cinco plantas, todas se encontraron en diferentes altitudes (**Cuadro 3**).

**Cuadro 3.** Distribución de 10 puntos localizados en dos comunidades de Tetela de Ocampo, Puebla.

NÚMERO	SITIO	LATITUD (N)	LONGITUD (W)	ALTITUD (msnm)
1	La Cañada	19° 47' 11.6"	97° 48' 33.2"	2037
2	La Cañada	19° 47' 11.6"	97° 48' 33.1"	2044
3	La Cañada	19° 47' 11.6"	97° 48' 33.3"	2038
4	La Cañada	19° 47' 13.1"	97° 48' 36.5"	1973
5	La Cañada	19° 47' 12.9"	97° 48' 37.0"	1973
6	Tilapa	19° 45' 56.8"	97° 49' 20.5"	2003
7	Tilapa	19° 45' 55.2"	97° 49' 24.2"	2012
8	Tilapa	19° 45' 54.9"	97° 49' 24.5"	2009
9	Tilapa	19° 45' 55.1"	97° 49' 22.7"	2020
10	Tilapa	19° 45' 55.0"	97° 49' 24.3"	2009

En el cuadro 3 se observa que la comunidad con mayor altitud, le corresponde a La Cañada, tiene un promedio de 2010.6 msnm y que la comunidad de Tilapa con una altitud de 2013 msnm. Por otra parte, a través de la utilización de los programas ArcView, Map Source y Google Earth se pudieron obtener resultados que corresponden a las características climatológicas, la determinación de los diferentes ecosistemas que integran el municipio, en correlación con la planta del amole y los diferentes árboles que puede estar asociados a dicha planta (**Figura 3**). El promedio altitudinal total de los 10 sitios de muestreo de amole es de 2,011.8 msnm. Por lo tanto, las altitudes entre cada uno de los sitios no presentan grandes diferencias, ya que se encuentran muy cercanos al promedio.



**Figura 3.** Determinación de los diferentes ecosistemas y factores ambientales que integran el municipio de Tetela de Ocampo y la influencia en el área de estudio.

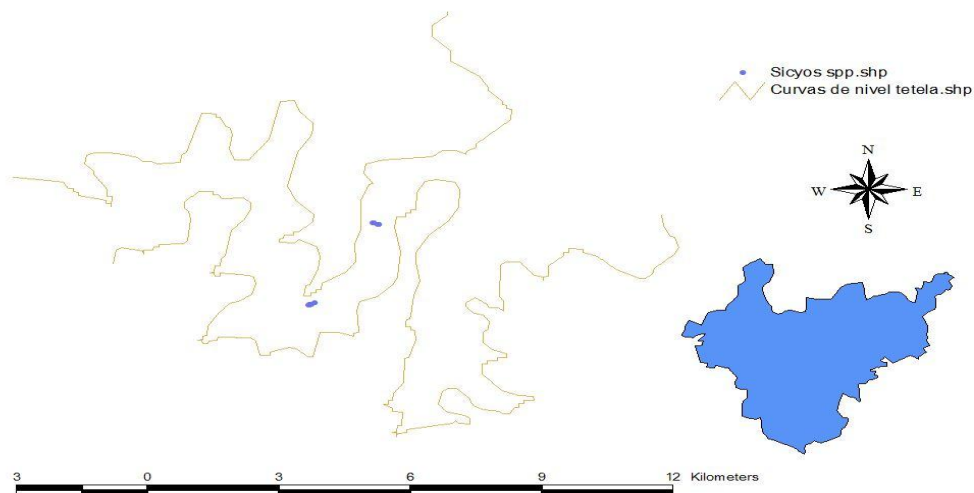
La **Figura 3** muestra los puntos rojos que corresponden a los sitios de muestreo dentro del área de estudio donde se localizó el amole (*Sicyos deppei*), mientras el recuadro verde oscuro es la vegetación asociada a dicha planta, que corresponde al bosque de pino. El recuadro verde pardo representa una asociación de bosque de encino-pino donde posiblemente se puede encontrar *Sicyos deppei*. Por último, el recuadro de color hueso nos representa el municipio de Tetela de Ocampo.

La Figura 4 muestra los 10 puntos de la localidad de La Cañada y Tilapa con el programa Google Earth donde fueron identificadas las plantas de amole (*Sicyos deppei*), como se observa se presentan en una zona montañosa compuesta de pinos y encinos principalmente.



**Figura 4.** Zonas de estudio donde se localizan los 10 puntos de la especie *Sicyos deppei* en el municipio de Tetela de Ocampo, Puebla.

También se realizaron las curvas de nivel dentro del municipio de Tetela, los resultados demuestran que los 10 sitios de muestreo se encuentran en un mismo rango de altitudinal (Figura 5).



**Figura 5.** Curvas de nivel en el municipio de Tetela de Ocampo y la distribución de los 10 sitios de muestreo de *Sicyos deppei*.

## 6.2 Niveles de concentración de la Prueba de espuma

Esta prueba resulto positiva, ya que al instante de agregar agua destilada a la muestra se agito, y se comenzó a formarse espuma abundante, la cual perduro por más de 5 minutos tiempo suficiente para comprobar cualitativamente la presencia de saponinas en el amole (**Figura 6**).

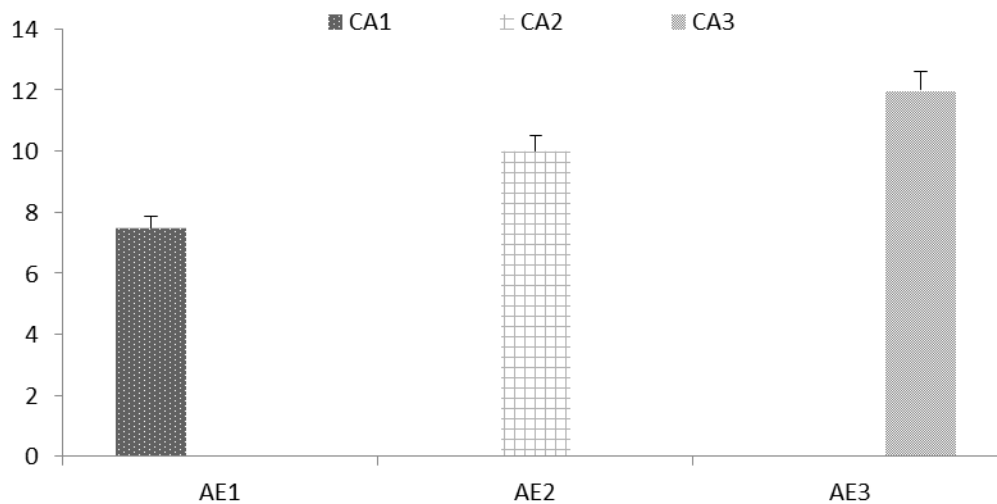


**Figura 6.** Prueba de espuma a partir de las saponinas obtenidas de la raíz.

**Cuadro 4.** Cantidad de agua destilada en relación con la altura de la espuma.

Concentración de agua destilada (mL)	Altura de la espuma (mm)
75 (CA1)	7.5 (AE1)
65 (CA2)	10 (AE2)
55 (CA3)	12 (AE3)

Se evaluó la concentración de saponinas presentes de acuerdo a la altura de espuma. La cual fue CA3EA3 obtuvo 12 mm de altura con sólo 55 mL de Agua destilada, es decir, las saponinas presentan un nivel moderado, la concentración CA2EA2 presento un sobrenadante de espuma medio en comparación con CA1EA1 con 7.5 mm de altura y con mayor cantidad de agua destilada 75 mL (**Figura 7**).



**Figura 7.** Niveles de concentración de agua destilada (CA1, CA2 y CA3) en relación con la altura de la espuma (AE1, AE2 y AE3).

### 6.3 Capacidad hemolítica de *Sicyos deppei* en medios de cultivo

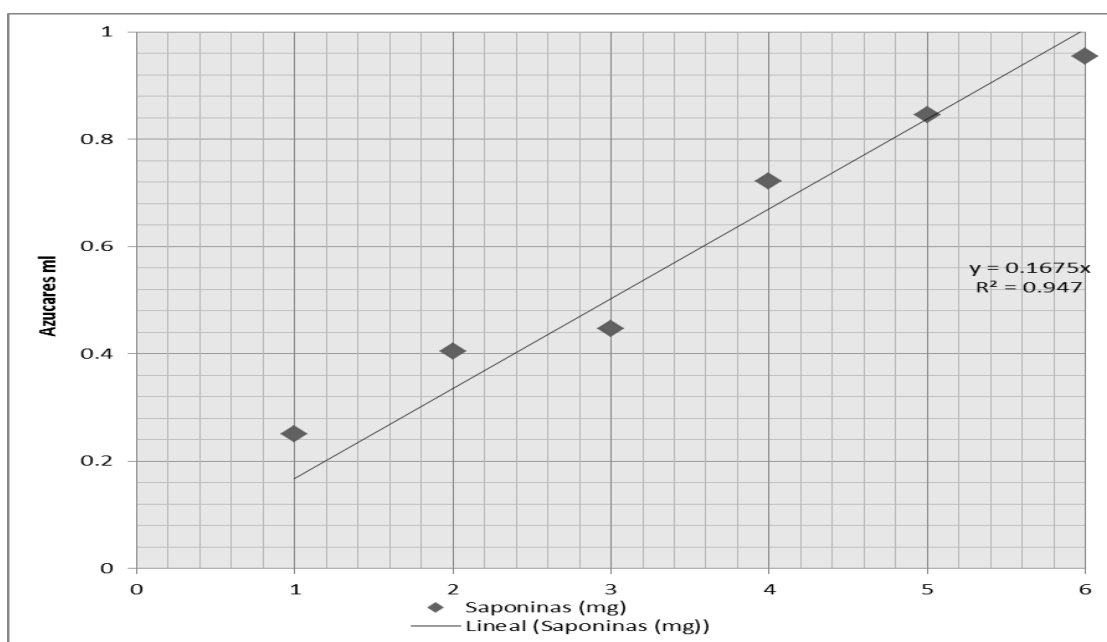
Las saponinas fueron capaces de la lisis de los glóbulos rojos (hemólisis) producida por la acción de una enzima llamada hemolisina. En las muestras de agar sangre (AS1 y AS2), se observó la presencia de la actividad hemolítica con las 2 gotas de extracto de saponinas del amole (*Sicyos deppei*) en la muestra AS1, dando origen a un halo de color amarillo de 5 mm. Mientras que la placa control (AS2) no mostró ningún cambio como se puede observar en la **Figura 8**. Con dicha prueba de hemólisis se demuestra que están presentes las saponinas en la raíz del amole (*Sicyos deppei*).



**Figura 8.** A) Placa de gar sangre con presencia de saponinas y B) Placa control con agua

#### 6.4 Cuantificación de saponinas

El método propuesto para la cuantificación de saponinas se hizo una curva de calibración, para relacionar la cantidad de azúcares generados por la hidrólisis de la saponina, con la concentración inicial de saponinas, se empleó como estándar a la saponina triterpénica en amole; se obtuvo como resultado un coeficiente de correlación de  $R^2 = 0.947$  (figura 9), que permite considerar al método de cuantificación indirecta de saponinas por determinación de azúcares confiable, ya que relaciona con un alto índice de correlación la cantidad de saponinas presentes con el contenido de azúcares hidrolizados.



**Figura 9.** Curva de calibración de saponina *Sicyos deppei* contra contenido de azúcares.

Por tanto, las Saponinas (mg) es la concentración de saponinas y  $R^2$  es el cociente de correlación al cuadrado de la curva de calibración y el límite de cuantificación fue de 0.16 mg/ml de saponinas y el límite de linealidad fue de 0.94 mg/ml de la mencionada sustancia. Gianna (2013) reportó 0.05 mg/ml en límite de cuantificaciones y lineal de 0.65 mg/mL en semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa*).

### 6.5 Extracción

Los datos que se muestran en el **Cuadro 5** corresponden a los porcentajes de los crudos de saponinas obtenidos en relación a la cantidad de residuos extraídos del experimento, a estos valores se les domino porcentajes de rendimiento del extracto de saponinas.

**Cuadro 5.** Rendimiento de extracción de saponinas (método Soxhlet) de acuerdo al contenido de saponinas (miligramos por gramos de amole en base seca).

Relación mL/ mg sólido (Metanol al 95% /extracto seco)	# de pruebas	Contenido de saponinas	
		mL	mg/mL
Metanol (25, 5)	1	2.51	0.251
Metanol (25, 10)	2	4.05	0.405
Metanol (25, 15)	3	4.47	0.447
Metanol (50, 5)	4	7.22	0.722
Metanol (50, 10)	5	8.45	0.845
Metanol (50, 15)	6	9.54	0.954

En el **Cuadro 5** se observa que el mejor rendimiento de extracción fue 4.47 mL con metanol (25, 15), debido a que posee el mayor porcentaje en peso de rendimiento al contenido de saponinas, ya que se extrae mayor cantidad de dicho compuesto mencionado. Según Hernández (2005) menciona que el empleo de la mezcla de metanol-agua para la obtención de saponinas no se ve reflejado en el aprovechamiento de éstas, lo cual puede explicarse debido a la diferencia mínima de polaridades que hay en metanol, ya que esta propiedad del solvente es la que más afecta el rendimiento de las saponinas. El empleo de agua, solvente con mayor polaridad que el alcohol utilizado se ve limitada por la rápida fermentación que presentan las soluciones del amole. El promedio total fue de 5.35 mg/ml en relación del peso con el solvente como se puede observar en la **Figura 10**. De igual manera, el factor sólido/líquido, no es relevante debido a que por un lado la relación

mínima empleada asegura la humectación total del material biológico, y por otro el proceso es lo largo, como para asegurar la extracción de las saponinas.



**Figura 10.** Grafica de promedios con intervalos de confianza al 95% de metanol en relación con el contenido de saponinas.

## 6.6 Jabón ecológico

De utilizar 500 gr de raíz de amole y 100 gr de sábila se obtuvieron 5 jabones redondos con peso promedio 65.46 gr, vida útil de 3 semanas a causa de contaminación de patógenos (hongos). Para comprobar su efectividad de limpieza se froto sobre prendas hechas de lana de ovino, el resultado fue la suspensión de las gotas de grasa sobre el agua. Otro estudio realizado por Fuertes y Martínez (2012), reportaron jabones elaborados a partir de grasa (cebo), glicerina e Hidróxido de Sodio (sosa caustica), con resultados similares para lavar la ropa por su efecto limpiador. En la **Figura 11** se puede apreciar el logo de la BUAP impreso en el jabón biodegradable del amole.



**Figura 11.** Jabón ecológico con el logo impreso de la BUAP.

### **6.7 Resultados de los análisis de bromatológicos de la raíz, tallo y hojas de *Sicyos deppei***

#### a) Porcentajes de materia seca

El contenido de materia seca (MS) en la raíz de amole oscilo entre 26.78 a 21.75 %, con un promedio general de 23.86% (Cuadro 6). Mientras que en los tallos oscilo entre 10.34 a 20.98 %, presentando un promedio de 14.17% (Cuadro 7). En el follaje la materia seca osciló entre 10.03 y 23.89%, y con una media de 16.98% (Cuadro 8). La mayor cantidad en porcentaje de materia seca (MS) fue para la raíz (23.86%) y siendo el más bajo contenido en MS para el tallo con 14.17%. Para los sitios de colecta el valor en materia seca fue mayor el que se colecto en la comunidad de La Cañada con 24.9% MS en raíz y también se presentó el valor más bajo en la misma localidad con 10.03% de MS en follaje. Estos valores están dentro del rango obtenido en otros estudios; así Clark *et al.*, (2012) reportó en *Apodanthera biflora*, una cucurbitácea valores entre 77.5 y 84.9% en peso seco de la raíz y 22.22 a 39.37% peso seco en semillas. Otros valores diferentes observados en otros estudios con diferente especie son los siguientes, Bugarín *et al.*, (2009) encontró 32.56% en follaje de *Leucaena leucocephala*.

**Cuadro 6.** Característica químico-nutricional del porcentaje de materia seca en raíces de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	PI	PF	MS (%)
La Cañada	M1	555.8	133.9	24.09
	M2	311.6	67.8	21.75
Tilapa	M1	380.02	86.72	22.82
	M2	444.2	118.95	26.78
Promedio General				23.86

PI = Peso fresco Inicial de la raíz; PF = Peso seco Final de la raíz; MS = Materia Seca.

**Cuadro 7.** Característica químico-nutricional del porcentaje de materia seca en tallos de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	PI	PF	MS (%)
La Cañada	M1	61	12.8	20.98
	M2	34.4	3.6 grs	10.46
Tilapa	M1	46.4	4.8	10.34
	M2	179	26.7	14.91
Promedio General				14.17

PI = Peso fresco Inicial de la raíz; PF = Peso seco Final de la raíz; MS = Materia Seca.

**Cuadro 8.** Característica químico-nutricional del porcentaje de materia seca en follaje de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	PI	PF	MS (%)
La Cañada	M1	15.9	3.8	23.89
	M2	26.9	2.7	10.03
Tilapa	M1	21.8	4.1	18.88
	M2	47.5	7.2	15.15
Promedio General				16.98

PI = Peso fresco Inicial de la raíz; PF = Peso seco Final de la raíz; MS = Materia Seca.

b) Porcentajes de proteína cruda (PC)

La PC de la raíz de *Sicyos deppei* oscilo entre 5.05 y 12.05 %, con un promedio general de 8.37% (**Cuadro 9**). Para los tallos se presentaron valores con un rango de 8.35 a 6.1%, presentando un porcentaje promedio de 7.48% (**Cuadro 10**). Mientras que el contenido de proteína cruda en follaje osciló entre 11.15 y 17.05%, y con una media de 13.92% (**Cuadro 11**). La mayor cantidad en porcentaje de PC fue para el follaje (17.05%) y siendo el más bajo contenido en proteína cruda para la raíz con 5.05%. El sitio de colecta que mostró mayor valor en el contenido de PC fue en la comunidad de La Cañada con 17.05% PC en follaje y el valor más bajo fue en la localidad de Tilapa con 5.05% de PC en raíz. Clark *et*

*al.*, (2012) reportó *Apodanthera biflora*, con 21.37 a 29.06% en porcentaje de proteína las semillas. Otros valores diferentes observados en otro estudio con diferente especie es el de Noda *et al.*, (2007), quien encontró 17.89% en tallos y en hojas 20.27% de PC en *Morus alba*.

**Cuadro 9.** Característica químico-nutricional del porcentaje de proteína cruda en raíces de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	Contenido de PC (%)	Promedio de PC (%)
La Cañada	R1	12.3	12.05
		11.8	
	R2	10.9	10.7
		10.5	
Tilapa	R1	6.1	5.7
		5.3	
	R2	5.3	5.05
		4.8	
Promedio General			8.37 %

%PC = Porcentaje de Proteína Cruda; X= Media; PC= Proteína Cruda; R1= Raíz1 y R2=Raíz2

**Cuadro 10.** Característica químico-nutricional del porcentaje de proteína cruda en Tallos de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	Contenido de PC (%)	Promedio de PC (%)
La Cañada	T1	8.8	8.35
		7.9	
	T2	7.4	7.2
		7	
Tilapa	T1	8.3	8.3
		8.3	
	T2	6.1	6.1
		6.1	
Promedio General			7.48 %

%PC = Porcentaje de Proteína Cruda; X= Media; PC= Proteína Cruda; T1= Tallo1 y T2= Tallo 2.

**Cuadro 11.** Característica químico-nutricional del porcentaje de proteína cruda en follaje de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	Contenido de PC (%)	Promedio de PC (%)
La Cañada	F1	16.6	17.05
		17.5	
	F2	11.4	11.15
		10.9	
Tilapa	F1	13.1	13.1
		13.1	
	F2	13.6	13.6
		13.6	
Promedio General			13.92

%PC = Porcentaje de Proteína Cruda; X= Media; PC= Proteína Cruda; F1= Follaje 1 y F2= Follaje 2.

c) Porcentajes de Fibra Detergente Neutro

El contenido de FDN en *Sicyos deppei* de raíz oscilo entre 70.88 y 81.51 %, con un porcentaje promedio de 72.22 % (**Cuadro 12**). En los tallos se presentaron valores con un rango de 50.57 y 60.77 %, presentando un porcentaje promedio de 53.58 % (**Cuadro 13**), y en el follaje fluctuó entre 23.14 a 88.9 %, y con una media de 60.42% (**Cuadro 14**). El mayor índice para el porcentaje de FDN fue el follaje (81.88 %) y el valor más bajo contenido en la fibra detergente neutro para la raíz con 23.14%.

El sitio de colecta que mostró mayor valor en el contenido de FDN fue el que se colecto en la comunidad de Tilapa con 81.88 % en follaje y el valor más bajo fue en la localidad de La Cañada con 23.14% de FDN en las hojas. Estudios realizados por Reta *et al.*, (2010) reportan a *Hibiscus cannabinus* L. con un rango de 42.1 a 59.5 % de FDN en follaje. Otros valores diferentes observados en otro estudio con diferente especie es de González *et al.*, (2007), quienes encontraron 17.89% en hojas de *Guazuma ulmifolia*, con 21.8% y en follaje de *Acacia macilenta*, con 48.6% de FDN.

**Cuadro 12.** Característica químico-nutricional del porcentaje de FDN en raíz de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	PF / SM	PF / CM	Contenido de FDN (%)	Promedio del FDN (%)
La Cañada	R1	1.234	1.4303	56.0857	80.2142
		1.224	1.5892	104.3428	
	R2	1.2416	1.4499	59.5142	56.2713
		1.2162	1.4018	53.0285	
Tilapa	R1	1.211	1.3944	52.4	70.8857
		1.2099	1.5227	89.3714	
	R2	1.2317	1.5712	97	81.5142
		1.2461	1.4772	66.0285	
Promedio General					72. 2213

PF = Peso Filtro, SM = Sin Muestra, CM = Con Muestra, R1 = Raíz 1, R2 = Raíz 2 y FDN = Fibra Detergente Neutra

**Cuadro 13.** Característica químico-nutricional del porcentaje de FDN en tallo de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	PF / SM	PF / CM	Contenido de FDN (%)	Promedio del FDN (%)
La Cañada	T1	1.2216	1.3655	50.8285	50.8285
		1.2326	1.4105	50.8285	
	T2	1.2498	1.432	52.0571	52.1571
		1.25	1.4329	52.2571	
Tilapa	T1	1.249	1.4456	56.1714	60.7715
		1.2549	1.4837	65.3714	
	T2	1.2448	1.4061	46.0857	50.5714
		1.2473	1.44	55.0571	
Promedio General					53.5821

PF = Peso Filtro, SM = Sin Muestra, CM = Con Muestra y FDN = Fibra Detergente Neutra

**Cuadro 14.** Característica químico-nutricional del porcentaje de FDN en hojas de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	PF / SM	PF / CM	Contenido de FDN (%)	Promedio del FDN (%)
La Cañada	F1	1.2255	1.3142	25.3428	23.1428
		1.2413	1.3146	20.9428	
	F2	1.2164	1.3294	32.2857	47.7557
		1.1962	1.4175	63.2285	
Tilapa	F1	1.2114	1.676	132.7428	81.8856
		1.2244	1.333	31.0285	
	F2	1.2526	1.5487	84.6	88.90
		1.2473	1.5735	93.2	
Promedio General					60.4210

PF = Peso Filtro, SM = Sin Muestra, CM = Con Muestra y FDN = Fibra Detergente Neutra.

d) Porcentajes de Fibra Detergente Acida

El contenido de fibra detergente acida en amole de raíz osciló entre 4.97 y 13.15%, con un porcentaje promedio de 7.83% (**Cuadro 15**). Mientras que en los tallos osciló entre 49.24 y 53.29 %, presentando un porcentaje promedio de 50.79 % (**Cuadro 16**), y en el follaje fluctuó entre 19.84 a 45.39 %, y con una media de 33.4106% (**Cuadro 17**). La mayor cantidad del porcentaje de fibra detergente acida (FDA) fue para el tallo (51.02%) y el contenido más bajo se presentó en la raíz con 6.22%. El sitio de colecta que mostro mayor valor en el contenido de FDA fue el que se colectó en la comunidad de La Cañada con 51.02% en tallo y el valor más bajo fue en misma la localidad con 6.22% de FDA en la raíz. Una cantidad similar reportada por Manríquez (2010), en gramíneas (*Guazuma ulmifolia* y *Digitaria decumbens*) muestra valores de 51.6 y 73.2 % en follaje. González *et al.*, (2007) encontraron 48.6% de FDA en hojas de *Acacia macilenta*. Resultados similares reporta Reta *et al.*, (2010) con *Hibiscus cannabinus* L. con un rango de 35 a 47.5 % de FDA en follaje.

**Cuadro 15.** Característica químico-nutricional del porcentaje de FDA en raíz de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	PF / SM	PF / CM	% FDA	Promedio del % FDA
La Cañada	R1	1.2349	1.2584	6.7142	6.2285
		1.2268	1.2469	5.7428	
	R2	1.2177	1.2257	2.2857	4.9714
		1.2192	1.246	7.6571	
Tilapa	R1	1.2236	1.267	12.4	13.1571
		1.2128	1.2615	13.9142	
	R2	1.2552	1.274	5.3714	6.9857
		1.2253	1.2554	8.6	
Promedio General					7.8356

PF = Peso Filtro, SM = Sin Muestra, CM = Con Muestra, R1 = Raíz 1, R2 = Raíz 2 y FDA = Fibra Detergente Acida.

**Cuadro 16.** Característica químico-nutricional del % de FDA en tallos de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	PF / SM	PF / CM	% FDA	Promedio del % FDN
La Cañada	T1	1.2303	1.4044	49.7428	51.0285
		1.229	1.4121	52.3142	
	T2	1.2254	1.4034	50.8571	49.5992
		1.2311	1.4004	48.3714	
Tilapa	T1	1.2743	1.4372	46.5428	49.2428
		1.2485	1.4303	51.9428	
	T2	1.2451	1.4358	54.4857	53.2999
		1.2545	1.4376	52.3142	
Promedio General					50.7926

PF = Peso Filtro, SM = Sin Muestra, CM = Con Muestra y FDA = Fibra Detergente Acida.

**Cuadro 17.** Característica químico-nutricional del porcentaje de FDA en hojas de *Sicyos deppei*.

Sitio de colecta	Muestras	PF / SM	PF / CM	% FDA	Promedio del % FDA
La Cañada	F1	1.2204	1.2795	16.8857	19.8428
		1.2085	1.2883	22.8	
	F2	1.2225	1.3086	24.6	37.9714
		1.2035	1.3832	51.3428	
Tilapa	F1	1.2538	1.3986	41.3714	45.3999
		1.224	1.397	49.4285	
	F2	1.2437	1.3483	29.8857	30.4285
		1.2368	1.3452	30.9714	
Promedio General					33.4106

PF = Peso Filtro, SM = Sin Muestra, CM = Con Muestra y FDA = Fibra Detergente Acida.

## VII. CONCLUSIÓN

La extracción de saponinas de *Sicyos deppei* (amole), presentaron un rendimiento favorable en la relación líquido/sólido aplicada.

El método propuesto para la cuantificación de saponinas ofrece un alto índice de confiabilidad, además de ser rápido y fácil, por lo que su uso en la determinación de saponinas es factible.

La capacidad de la raíz de *Sicyos deppei* de formar espuma abundante al momento de agregarle agua y agitar determinó la presencia de saponinas

Los análisis bromatológicos realizados en las diferentes partes de la planta del amole (*Sicyos deppei* G.), mostraron que el follaje tiene gran potencial como complemento en dietas para la alimentación de pequeños rumiantes.

La raíz de *Sicyos deppei* G. (amole) contiene saponinas que pueden ser una alternativa para la elaboración de jabones ecológicos.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Anaya, L.L. 2003. Ecología química. 1<sup>ra</sup> Edición. Editorial Plaza y Valdés 56-57p
- Álvarez, G. M.R. 2004. “Sistema de costeo directo de producción de una empresa productora de jabón para lavar y su utilización en la toma de decisiones”. Tesis de grado (Licenciado Contador Público y Auditor). Universidad de San Carlos de Guatemala, Sede Guatemala. Facultad de Ciencias Económicas. 91 p
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of AOAC International. 15th Edition, Association of Official Agricultural Chemistry. Washington, D. C. USA. 500p
- ARC. 1980. The Nutrient Requirements of Ruminant Livestock. CAB. London. Apgar, Jean; Fitzgerald, J. A. (1985) Effect the ewe and lamb of low zinc intake throughout pregnancy. J. Anim. Sci. 60 (6):1530-1538
- Balick, J. M. Arvigo, R. Shrophire, G. Walker, J. Campbell, D y Romero, L. 2002. The Belize Ethnobotany Project: safeguarding medicinal plants and traditional knowledge in Belize. Rev. Ethnomedicine and drug discovery 21:267-28
- Bello G. D., Carrera B. E., y Díaz M. Y. 2006. Determinación de azúcares reductores totales en jugos mezclados de caña de azúcar utilizando el método del ácido 3,5 dinitrosalicílico. Revista ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar. 40 (2): 45-50
- Bugarín, J. Lemus, C. Sangines, L. Aguirre, J. Ramos, A. Soca, M. y J. Arece. 2009. Evaluación de dos especies de *Leucaena*, asociadas a *Brachiaria brizantha* y *Clitoria ternatea* en un sistema silvopastoril de Nayarit, México: II. Producción y composición bromatológica de la biomasa. Rev. Pastos y Forrajes. 32(4): 1-9
- Castro C. A. Rodríguez A. Vargas A. G y Ramírez, D. R. 2010. Variación morfológica del género *Prochnyanthes* (Agavaceae). Rev. *Acta Botánica Mexicana*. 92:29-49

- Castro L, D. Basurto P, F., Mera O, L. M y Bye B, R.A. 2011. Los quelites tradición milenaria en México. Edit. SINAREFI. México-Texcoco. p6
- Clark, D. Tupa, M. Bazán, A. Chang, L. y Gonzáles, W.L. 2012. Chemical composition of *Apodanthera biflora*, a Cucurbit of the dry forest in northwestern Peru. *Rev. peru. biol.* 19 (2): 199 – 203
- Díaz, P. L. 2009. Interacciones moleculares entre plantas y microorganismos: saponinas como defensas químicas de las plantas y su tolerancia a los microorganismos. Una revisión. *Revista de Estudios Transdisciplinarios.* 1 (2): 32 –55
- Domínguez, X. A. 1979. Métodos de Investigación Fitoquímica. 4ª Edición. Editorial Limusa S.A., México. 281 pp
- Domínguez, J.J.G. 1986. Tensioactivos y Detergencia. 1ª Edición. Editorial DOSSAT. Madrid, España. 166p
- Dorado, A.P. 1996. Detergentes. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Editorial LerkoPrint, S.A. España. 208p
- Elizalde D, A., Pismag, P. Y y Chaparro C, D. 2009. Factores antinutricionales en semillas. *Rev. Bio.Agro.* 7 (1):45-54
- Espinosa, F. J. y J. Sarukhán. 1997. Manual de Malezas del Valle de México. Claves, descripciones e ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México. 1ª Edición. Editorial Fondo de Cultura Económica. D. F, México. 15-120p
- Fuertes, R. Y. Y. y Martínez, Haro L. A. 2007. “Incorporación de pulpa de sábila en la elaboración de jabones de tocador (sulfurados, humectantes y antisépticos)”. Tesis de grado (Ingeniería Agroindustrial). Universidad Técnica del Norte. Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra, Ecuador. 164 p
- Fuentes, R. N. J. y Nuñez, B. V. M. 2010. Evaluación del aceite de coroba en la elaboración de jabón cosmético. Tesis de grado (Ingeniero Químico). Universidad

de Oriente. Escuela de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Departamento de Ingeniería Química. Barcelona, España. 165 p

Gaita, S. R.E. 2009. Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de jabón líquido en el valle de los chillos cantón rumiñahui. Tesis de grado (Ingeniería de Empresas). Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad de Ciencias Económicas y Negocios. Quito, Ecuador. 122 p

García L., M. 2006. Extracción y determinación de propiedades de saponinas obtenidas a partir del fruto de *Enterobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb (Parota). Tesis de Licenciatura de Biología. Michoacán, México. 32p

García D. E., Medina N. G., Ojeda F. 2005. Efecto de los niveles de fertilización, la variedad y la época en los contenidos de saponinas esteroidales en morera (*MORUS ALBA L.*). Rev. *Avances en Investigación Agropecuaria*. Colima, México. 9 (002): 87-96

García, M. S. 2004. Estudio Nutricional Comparativo y Evaluación Biológica de Tortillas de Maíz Elaboradas por Diferentes Métodos de Procesamiento. Tesis de grado (Maestro en Ciencias en Tecnología Avanzada). Instituto Politécnico Nacional, Centro de investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada. D.F. México. 51p

Giana, V. 2013. Extracción, cuantificación y purificación de saponinas de semillas de *Chenopodium quinoa* Willd provenientes del noroeste argentino. Tesis (Doctorado). Córdoba, Argentina. 116p.

González, J.C. Ayala, A. y Gutiérrez, E. 2007. Composición química de especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente, Michoacán, México. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 41(1): 87-93

Guerra, O.J. Meneses, A. Simonet, M.N. Macías, A.F. Nogueiras, C. Gómez, F. y Escario, A.J. 2008. Saponinas esteroidales de la planta *Agave brittoniana* (Agavaceae) con actividad contra el parásito *Trichomona vaginalis*. *Revista de Biología Tropical*.. 56(4):1645-1652

- Guillot, O. D y Van, D. M. P. 2006. *Prochnyanthes bulliana*, un nuevo taxón para la flora ornamental europea, Dialnet. Recuperada en Abril 6, 2013, del sitio Web tema: Portal de Recursos Educativos Abiertos (REA). Consultada el 10 de octubre del 2014, en línea bajo la dirección: <http://www.temoa.info/es/node/677595>
- Gutiérrez. T.M.A. Segura. C.J.C. López, B. L. Santos, R. R. H. Sarmiento, F. R. Carvajal, H. M. y Molina, C.G. 2007. Características de avicultura de traspatio en el municipio de Tetiz, Yucatán, México. *Rev. Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 7 (3): 217-224
- Hernández, C.B. González-C.A. Orozco, V. A.U. Ramírez, M.V. Andrés. Y.F.M, y Joseph, N. P. 2011. Bioactive saponins from *Microsechium helleri* and *Sicyos bulbosus*. *Rev. Phytochemistry* 72: 743-75
- Hernández, J. S. Oviedo, M. R. Martínez, A. S. Carreón, L. L, Reséndiz, M. R. Romero, B. J. Ríos, M. J. Zamitiz, G. J y Vargas S. 2005. Situación actual del guajolote común en la comunidad de Santa Ursula (Puebla, México). En: Universidad Autónoma de Chiapas editor. VI Simposio Iberoamericano sobre conservación y utilización de recursos zoogenéticos. San Cristóbal de las Casas, México. 277-281p
- Hernández S. R., Lugo C. C. E., Díaz J. L; y Villanueva S. 2005. Extracción y cuantificación indirecta de las saponinas de agave lechuguilla Torrey. *Revista e-Gnosis*. 3(3): 1-9
- Hernández, R.R. 1997. Obtención de crudos de saponinas hipocolesteromizantes del *Chenopodium quinoa* Willd. *Revista Cubana de Medicina Militar*. 26 (1): 55-62
- INEGI. 2009a. Prontuario e información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tetela de Ocampo, Puebla. Libro electrónico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consultada el 15 de julio del 2014, en línea bajo la dirección: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/21/21172.pdf>

INEGI. 2009b. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Tlatlauquitepec, Puebla. Libro electrónico, Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Consultada el 15 de julio del 2014, en línea bajo la dirección:

<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/21/21186.pdf>

Instituto Nacional de Ecología (INE). 2007. La Flora del Pedregal de San Ángel Cucurbitaceae *Sicyos laciniata* L. Chayotillo, Tatana, Chayotito. México. 84p

Instituto de Biología a. 2008. "Cayaponia attenuata (Hook. & Arn.) Cogn., 1881 - IBUNAM:MEXU:PA868140". UNIBIO: Colecciones Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado el 4 de Agosto del 2014, en línea: <http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/URN:catalog:IBUNAM:MEXU:PA868140>

Instituto de biología b (2008). "Peponopsis adhaerens Naudin - IBUNAM:MEXU:PV660663". UNIBIO: Colecciones Biológicas. Universidad Nacional Autónoma de México. Consultado el 4 de Agosto del 2014, en línea: <http://unibio.unam.mx/collections/specimens/urn/IBUNAM:MEXU:PV660663>

Jakobi, G. and A. Löhr. 1987. Detergents and textile washing. Rev. Chemie Ingenieur Technik (9): 584-685.

Jarma, O. A., Maza, A. L. Pineda, P. A. y Hernández, C. J. 2012. Aspectos fisiológicos y bromatológicos de *Brachiaria humidicola*. Rev. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia. 7 (1): 88-99

Jensen, J. 1999. Fate and effects of linear alkylbenzene sulphonates (LAS) in the terrestrial environment. Rev. The Science of Total Environment 46: 161-167

Lastra I. J.L. Muciño, L. Villamar, M. A. Barrera, H. Guzmán. J. L. Flores, C. Maldonado y M. Gómez. 1998. Situación actual y perspectiva de la producción de carne de pollo en México 1990-1997. Secretaria de agricultura, ganadería, desarrollo rural, pesca y alimentación, México. 47p

- Lira, S. R. 1995. Estudios Taxonómicos y Ecogeográficos de las Cucurbitaceae Latinoamericanas de Importancia Económica. Systematic and Ecogeographic Studies on Crop Genepools. International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia. 9p
- Lira, S. R. 2001. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Fascículo 92. Instituto de Ecología-Centro Regional del Bajío. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México. 53p
- Lira, R y Caballero, J. 2002. Ethnobotany of the wild mexican cucurbitaceae. Rev. *Economic Botany*. U.S.A. 56 (4): 380-398
- Lira, S. R y Rodríguez, A. I. 2006. Catálogo de la familia Cucurbitaceae de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto DS002. México D. F. 12p
- López A, V.C., Martínez V, N., Basurto S, M., y Pérez L, R. 2010. Los compuestos esteroidales o saponinas en la palma del desierto (*yucca schidigera*) y sus aplicaciones. Rev. AVENTURAS DEL PENSAMIENTO. 3: 16-17
- López, F. G. L. 2000. Cuantificación de sapogeninas esteroidales en *Phytolacca icosandra* L. (saquichán). Tesis (Licenciatura).Guatemala. 33 p
- Manzanero, M. G. I. Flores, M. A. Sandoval, Z. E. y Bye, B. R. 2009. Etnobotánica de siete raíces medicinales en el mercado de Sonora de la Ciudad de México. Rev. Polibotánica. (27):191-228
- Martín, G. J. Pentón, G. Noda, Y. Contino, Y. Díaz, M. Ojeda, F. Jiménez, F.A.; López, O. Agramonte, D. Milera, M. y Prieto, M. 2014. Comportamiento de la morera (*Morus*

*alba* L.) y su impacto en la producción animal y la crianza de gusanos de seda en Cuba. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola*. Cuba. 48 (1): 73-78

Manríquez, M.Y.L. 2010. Establecimiento, calidad del forraje y productividad de un sistema silvopastoril intensivo bajo pastoreo de bovinos y ovinos en el trópico sub-húmedo. Tesis (Doctorado). Veracruz, México. 51-64p.

Martín, G. J. Pentón, G. Noda, Y. Contino, Y. Díaz, M. Ojeda, F. Jiménez, F.A.; López, O. Agramonte, D. Milera, M. y Prieto, M. 2014. Comportamiento de la morera (*Morus alba* L.) y su impacto en la producción animal y la crianza de gusanos de seda en Cuba. *Rev. Cubana de Ciencia Agrícola*. 48 (1):73-78

Martínez, M. A. 2001. Saponinas esteroides. Universidad de Antioquia. Medellín. 6p

Mata. J y Salas. A. 2014a. Cucurbita lundelliana, Banco de Germoplasma CATIE. Semillas Ortodoxas. San José, Costa Rica. Consultado el 4 de Agosto del 2014, en línea bajo la dirección:  
[http://banco de germoplasma.catie.ac.cr/cucurbita\\_lundelliana.php](http://banco de germoplasma.catie.ac.cr/cucurbita_lundelliana.php)

Mata. J y Salas. A. 2014b. Cucurbita foetidissima. Banco de Germoplasma CATIE. Semillas Ortodoxas. San José, Costa Rica. Consultado el 4 de Agosto del 2014, en línea bajo la dirección:  
[http://banco de germoplasma.catie.ac.cr/cucurbita\\_foetidissima.php](http://banco de germoplasma.catie.ac.cr/cucurbita_foetidissima.php)

Montemayor, C. 2008. Diccionario del náhuatl en el español de México. México, Gobierno del Distrito Federal y Universidad Nacional Autónoma de México. México. 41 (3): P. 26

Montemayor, M. C. 2007. *El traspatio, un recurso local en los servicios de turismo rural familiar. Alternativa de desarrollo sustentable municipal*. México. *Rev. TURyDES*. 1(1): 1-13

- Naturalmente Mediterráneo (NM). 2013. Jabón y Cosmética Artesanal. Madrid, España. Consultado el 14/07/14 en línea bajo la dirección: <http://naturalmentemediterraneo.blogspot.mx/>
- Nee, M. 1990. The Domestication of Cucurbita (Cucurbitaceae). Economic Botanic. (New York: New York Botanical Gardens Press). 44 (3): 56-68
- Niembro, R. A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. 1<sup>ra</sup> Edición. Editorial LIMUSA. 195p
- Noda, Y. Martín, G. y Machado, R. 2007. Rendimiento y calidad bromatológica de *Morus alba* cosechada a diferentes alturas y frecuencias de defoliación. Revista Cubana de Ciencia Agrícola. 41(4): 363-369.
- Olguin, V. J.A. 2008. Diseño y fabricación de un troquel neumático para jabón. Tesis de grado (Ingeniero Mecánico). Instituto Politécnico Nacional (IPN), Sede Unidad Azcapotzalco. D.F. México. 104p
- OTS Y CATIE. 1986. Los sistemas agroforestales: principios y aplicaciones en los trópicos. Organización para estudios tropicales (OTS), Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE). San José, Costa Rica. 818 p
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2013. Año Internacional de la Quinoa. Usos de la Quinoa. Consultada el 22 de octubre del 2013, en línea bajo la dirección: <http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/use/es/>
- Padilla, V. E. Cuevas, G. Ramón y Koch, S. D. 2008. Plantas vasculares y vegetación de la parte alta del Arroyo Agua Fría, municipio de Minatitlán, Colima, México. Rev. Acta Botánica mexicana. 84: 25-72
- Pelegri, D. D. Tsuzuki, K. J. Amado, B. A. C. Cortez, G. A. D y Ferreira, P. C. I. 2008. Biological Activity and Isolated Compounds in *Sapindus saponaria* L. and other

Plants of the Genus *Sapindus*. Rev. *Latin American Journal of Pharmacy*. 27(6):922-927

Pennington, T. D y Saruukhán, J. 2005. Árboles tropicales de México. 3ª Edición. Editorial Fondo de Cultura Económica S.A., México. 340 p

Reta S, G.D. Cruz C.S. Palomo, G.A, Serrato, C. S. y Cueto, W. J., A. Rendimiento y calidad de forraje de kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) en tres edades en comparación con maíz y sorgo x Sudán nervadura café. Rev. Técnica Pecuaria en México. 48(1): 13-23

Rodríguez, R. Y. Pereira, C. S. Vega, T. D. Almeida, S. M. y Benítes, R. D. 2010. Tamizaje fitoquímico de los extractos alcohólico, etéreo y acuoso de las hojas y tallo de *Colubrina arborescens* M. Rev. *Química Viva*. 9(1):30-34

Romo, A. 1988. Química, universo, tierra y vida. 1ª Edición. D.F, México. p7

Rzedowski, G. C y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), México. 1406 p

Salager, J. L. 1996. Quantifying the concept of physico-chemical formulation in surfactant oil water systems. State of the art. *Progress Colloid & Polymer Science* 100:137-142

Sánchez, V. N. C. Alba, F. R. A. Rittoles, R. D. F. Hernández, C. J. y Melián, R. C. M. 1997. Obtención de jabón de baño utilizando fangos mineros medicinales o peloides. CU patente 22445A1

Sabonet. 2014. Jabón Naturalmente artesanal. Bogotá, Colombia. 1-7p. Consultado el 14 de setiembre del 2014, en línea bajo la dirección: <http://jabonessabonet.wordpress.com/>

- Seibel, W. 1989. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists. 8th Edición. Editorial Starch. Paul/Minnesota, USA. 41:443p
- Scott, M. J. y Jones, M. N. 2000. The biodegradation of surfactants in the environment. Rev. Biochemiaet Biophysica Acta. 1508: 235-251
- Soap plant. 2013. Columbia Electronic Encyclopedia, 6<sup>ta</sup> Edición. 1p
- Toledo, V., Alarcón y Barón, L. 1998. Espacios, producción, naturaleza: una tipología ecológico-económica de los productores rurales de México. Geografía Agrícola. 126 p
- Torre, D N. 2011. Detergentes ecológicos. Madrid, España. 45p. Consultada el 7 de julio del 2014, en línea bajo la dirección:  
[http://www.jabonesbeltran.com/uploads/noticia/33\\_integral-mayo-2011---reportaje-detergentes-ecologicos.pdf](http://www.jabonesbeltran.com/uploads/noticia/33_integral-mayo-2011---reportaje-detergentes-ecologicos.pdf)
- Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). 2009. Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. 12-22p. Consultado en: Consultada el 06 de septiembre del 2014, en línea bajo la dirección:  
<http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=&id=7109>
- Van Soest P J. 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. J. Ass. Offic. Agr. Chem. 46:829-35
- Van Soest P J. 2002. Nutritional Ecology of the Ruminant, Second Edition. Comstock Publishing Associates. Cornell University Press. Ithaca and London. 500p
- Verhoek, S. 1978. Huaco and amole: a survey of the uses of Manfreda and Prochnyanthes. Econ. Bot. 32: 124-130
- Vieira, C. F. 2011. Taninos e saponinas. Universidade Federal de Goiás. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal. Goiânia, Brasil. 14 p

- Vincken P, J, Heng, L., Groot, D. A. y Gruppen, H. 2007. Saponins, classification and occurrence in the plant kingdom. *Rev. Phytochemistry*. 68 (3): 275–297
- Viquez, E.; Prado, A.; Oñoro, P. y Solano, R. 1994. Caracterización del huerto mixto tropical “La Asunción” Masatepe, Nicaragua. *Rev. De Agroforestería en las Américas. Costa Rica*. 1(2):5-9
- Westermann V. G. 1987. *Verfahren der chemie inductrie in farbigenfliessbildern (organisch)*. 2<sup>da</sup> Edición. Editorial REVERTÉ. Madrid, España. p 172-173

## IX. ANEXOS

### EVIDENCIA FOTOGRAFICA

Elaboración del jabón ecológico a partir de las raíces del amole (*Sicyos deppei* G.), en las instalaciones de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Campus Tetela de Ocampo



Muestras secas y molidas para la obtención de proteína cruda mediante un digestor Kjeldahl, en las instalaciones de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Campus Tlatlauquitepec.



Muestras de raíz, guía y follaje del amole (*Sicyos deppei* G.), pasadas en una balanza analítica marca OHAUS, modelo PSA06R-120, para determinar Materia Seca (MS)





**BUAP**

Oficio No. IAH/1371/2014

**C. Alejandro Portilla Segura**  
**Egresado de la Facultad de Ingeniería Agrohidráulica**  
**Benemérita Universidad Autónoma de Puebla**  
**PRESENTE**

*Con base en el dictamen emitido por el Dr. José Filomeno Conrado Parraguirre Lezama (Director de Tesis), Dr. Omar Romero Arenas (Asesor) y Dr. Oscar Agustín Villareal Espino Barro (Asesor) en su calidad de Consejo Particular, se autoriza la impresión de la tesis titulada:*

**“Extracción y cuantificación de saponinas de amole (*Sicyos deppei* G.) para la elaboración de jabón ecológico”**

*Correspondiente a la Licenciatura en Ingeniería Agroforestal.*

*Sin otro particular por el momento, me despido reiterando a Usted mi más atenta y distinguida consideración.*

Atentamente  
"Pensar bien, para vivir mejor"  
San Juan Acateno, Teziutlán, Pue., 25 de Noviembre de 2014

M. C. Fabián Enriquez García  
Director de Facultad de Ingeniería Agrohidráulica

C.c.p. - Archivo y Minutario  
MCFEG/mlsm

