



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE CINTIÁHUA (*Cnidoscolus* spp.): CARACTERIZACIÓN IN SITU, VALOR NUTRICIO Y POTENCIAL BIOCOMBUSTIBLE

T E S I S

Que como requisito parcial
para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

Presenta:

RUBICELIA CORRO CONTRERAS

Bajo la supervisión de: Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez, Dr.



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México, diciembre de 2016

**Contribución al estudio etnobotánico de Cintiáhua (*cnidoscolus* spp.):
caracterización *in situ*, valor nutritivo y potencial biocombustible**

**Tesis realizada por RUBICELIA CORRO CONTRERAS bajo la supervisión
del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como
requisito parcial para obtener el grado de:**

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



DIRECTOR: Dr. Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez



ASESOR: Dr. Benito Reyes Trejo



ASESOR: M.C. José Merced Mejía Muñoz

***La historia de las plantas silvestres
es la historia del ser humano.***

Anderson, 1997

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
DEDICATORIA.....	IX
AGRADECIMIENTO.....	X
DATOS BIOGRÁFICOS	XI
RESUMEN GENERAL	XII
CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE CINTIÁHUA (<i>Cnidoscolus</i> spp.): CARACTERIZACIÓN <i>IN SITU</i> , VALOR NUTRICIO Y POTENCIAL BIOCOMBUSTIBLE	XII
GENERAL ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
CONTRIBUTION TO ETHNOBOTANICAL STUDY OF CINTIAHUA (<i>Cnidoscolus</i> spp.): <i>IN SITU</i> CHARACTERIZATION, NUTRITIONAL VALUE AND BIOFUEL POTENTIAL	XII
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1 Los recursos fitogénéticos.....	2
2.2 La biodiversidad, y su conservación como parte del patrimonio biocultural	3
2.4 Importancia del estudio de las plantas silvestres	4
2.5 Aspecto Etnobotánico	10
2.6 El género <i>Cnidoscolus</i>	10
2.6.1 <i>Cnidoscolus</i> spp. como recurso fitogenético	11
2.7 Consideraciones generales de la comunidad de estudio: Acaquizapan, Oaxaca.....	14
2.8 Las semillas y su calidad nutricia.....	17
2.9 Analisis proximal y su composición	17
2.9.1 Humedad	18
2.9.2 Proteína cruda.....	19
2.9.3 Extracto etéreo.....	19
2.9.4 Fibra cruda.....	20
2.9.5 Ceniza.....	20
2.9.6 Extracto libre de nitrógeno.....	20
2.10 Extracción de aceites y su caracterización físico-química	20
2.10.1 Composición físico química de los aceites	21
.....	23
2.10.2 Composición de ácidos grasos del biodiesel usando cromatografía de gases	23
2.11 El biodiesel como alternativa energética	24

2.12 LITERATURA CITADA.....	26
3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CINTIÁHUA (<i>Cnidoscolus</i> spp.)	31
EN ACAQUIZAPAN, OAXACA	31
RESUMEN.....	31
MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CINTIAHUA (<i>Cnidoscolus</i> spp.)	
IN ACAQUIZAPAN, OAXACA	32
ABSTRACT	32
3.1 INTRODUCCIÓN	33
3.2 MATERIALES Y MÉTODOS	34
3.2.1 Sitio de estudio y material vegetal	34
3.2.2 Acondicionamiento de ejemplares para herbario	34
3.2.3 Caracterización morfológica	35
3.2.4 Análisis estadístico	35
3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
3.4 CONCLUSIONES	40
3.5 LITERATURA CITADA.....	40
4. ETNOBOTÁNICA DE CINTIÁHUA (<i>Cnidoscolus</i> spp.) EN ACAQUIZAPAN,	
OAXACA EN RELACIÓN CON EL VALOR NUTRICIO DE LAS SEMILLAS .	42
RESUMEN.....	42
ETHNOBOTANY OF CINTIAHUA (<i>Cnidoscolus</i> spp.) IN ACAQUIZAPAN,	
OAXACA IN RELATION WITH THE NUTRACEUTICAL VALUE OF SEED ...	43
ABSTRACT	43
4.1 INTRODUCCIÓN	44
4.2 MATERIALES Y MÉTODOS	45
4.2.1 Descripción del sitio de estudio	45
4.2.2 Colecta de material	45
4.2.3 Registro y sistematización de los aspectos culturales de las formas de	
aprovechamiento (comestible) de semillas de cintiáhua.....	46
4.2.4 Análisis proximal	46
4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	50
4.2.1 Registro y sistematización de las formas de aprovechamiento.....	51
4.5.2 Transformación del alimento	53
4.2.3 Consumo de las semillas como alimento.....	54
4.3 CONCLUSIONES	59
4.4 LITERATURA CITADA.....	59
5. EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE CINTIÁHUA (<i>Cnidoscolus</i>	
<i>rostratus</i>) Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA.....	62
RESUMEN.....	62
CINTIAHUA (<i>Cnidoscolus rostratus</i>) OIL EXTRACTION AND PHYSICO-	
CHEMICAL CHARACTERIZATION	63
ABSTRACT	63

5.1 INTRODUCCIÓN	64
5.2 MATERIALES Y MÉTODOS	65
5.2.1 Colecta del material.....	65
5.2.2 Caracterización física de las semillas.....	66
5.2.3 Análisis estadístico.....	66
5.2.4 Extracción de aceite	66
5.2.5 Calidad de aceites.....	67
5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	71
5.3.1 Características físicas de las semillas	71
5.2 2 Extracción de aceite	71
5.3.3 Reacción de transesterificación.....	72
Como método para conocer que se llevó a cabo la reacción de transesterificación del aceite extraído de las semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> se realizó resonancia magnetica cuyos espectros se observan en las Figura 9 y 10. Los cuales muestran que, efectivamente se detecta diferencia de retención entre los ester métilicos del biodiesel y los trigliceridos del los aceites, es decir, la reacción de transesterificación se llevó con éxito.	72
5.3.4 Caracterización del aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i>	73
5.5.5 Composición de ácidos grasos del biodiesel de semillas de cintiáhua determinada por cromatografía de gases.....	82
5.6 Conclusiones	84
5.7 LITERATURA CITADA.....	85
APÉNDICE	87

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición del análisis proximal (Tomado de Sosa, 1979)	18
Cuadro 2. Caracteres morfológicos cualitativos de <i>C. rostratus</i> ssp. <i>rostratus</i> vs <i>C. rostratus</i> ssp. <i>glabra</i>	37
Cuadro 3. Caracteres morfológicos cuantitativos de <i>C. rostratus</i> ssp. <i>glabra</i> y <i>C.</i> <i>rostratus</i> ssp. <i>rostratus</i>	37
Cuadro 4. Características del medio ecológico en Acaquizapan, Oaxaca	39
Cuadro 5. Características etnobotánicas de cintiáhua o piñón de la comuniad de Acaquizapan	40
Cuadro 6. Comparación de composición química de semillas	57
Cuadro 7. Análisis proximal de semilla hervida de cintiáhua (sin testa)	57
Cuadro 8. Análisis proximal de semilla cruda de cintiáhua (sin testa)	58
Cuadro 9. Análisis proximal de la testa de la semilla hervida de cintiáhua	58
Cuadro 10. Análisis proximal de la testa cruda de semilla de cintiáhua	59
Cuadro 11. Dimensiones físicas de dos tipos de semillas	71
Cuadro 12. Contenido de aceite extraído de semilla de <i>Cnidoscolus rostratus</i> ; peso, volumen y rendimiento	71
Cuadro 13. Rendimiento (%) de aceites extraídos de varias semillas en comparación con <i>Cnidoscolus rostratus</i>	71
Cuadro 14. Parámetros químicos del aceite extraído de semilla de <i>Cnidoscolus</i> <i>rostratus</i>	73
Cuadro 15. Calor de combustión de aceite y biodiesel elaborado a partir de aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> y diesel petroquímico (PEMEX)	75
Cuadro 16. Calor de combustión de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceites extraído de semillas <i>Cnidoscolus rostratus</i> con diesel petroquímico (PEMEX)	77
Cuadro 17. Viscosidad dinámica, cinemática y densidad de aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> , a diferentes temperaturas	78
Cuadro 18. Viscosidad dinámica de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceites extraídos de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas	80
Cuadro 19. Viscosidad cinemática de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceites extraídos de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas	80
Cuadro 20. Densidad de mezcla de biodiesel elaborado a partir de aceites extraídos de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas	81
Cuadro 21. Contenido de ácidos grasos en aceite extraído de semillas de cintiáhua	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reacción de transesterificación.....	23
Figura 2. Coordenadas de la parcela de estudio en la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca.....	34
Figura 3. Frutos de <i>Cnidoscolus rostratus</i> ssp. <i>glabra</i> (izquierda) y frutos de <i>Cnidoscolus rostratus</i> ssp. <i>rostratus</i> (derecha).....	36
Figura 4. Frutos y semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> ssp. <i>glabra</i>	37
Figura 5. Ejemplar de <i>Cnidoscolus rostratus</i> Lundell, ssp. <i>rostratus</i> , resguardado en el Herbario Hortorio "Jorge Espinosa Salas" (JES) UACH.....	38
Figura 6. Cosecha de jotilla (<i>Escontria chiotilla</i>) utilizando el utensilio llamado "Chicole".....	52
Figura 7. Recolección, limpieza y selección de semillas de cintiáhua que serán utilizadas como alimento.....	52
Figura 8. Semillas de cintiáhua cruda (izquierda) y cocinada (derecha)	54
Figura 9. Espectro de resonancia magnética del aceite extraído de las semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i>	72
Figura 10. Espectro de resonancia magnética del biodiesel elaborado a partir del aceite extraído de las semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i>	73
Figura 11. Calor de combustión de aceite y biodiesel elaborado a partir de aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> y diesel petroquímico (PEMEX).....	76
Figura 12. Calor de combustión de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> con diesel petroquímico (PEMEX).....	77
Figura 13. Viscosidad dinámica de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas	79
Figura 14. Viscosidad cinemática de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas	79
Figura 15. Densidad de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i> con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas	82
Figura 16. Composición porcentual de los ácidos grasos metil ester presentes en el biodiesel elaborado a partir del aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i>	83
Figura 17. Cromatograma de la composición de ácidos grasos obtenidos en el biodiesel elaborado a partir del aceite extraído de semillas de <i>Cnidoscolus rostratus</i>	84

DEDICATORIA

Al universal y eterno amor, la energía suprema de todos y para todos, que permite existir y cumplir las metas de la vida.

A dos seres extraordinarios, quienes con su amor, paciencia, comprensión; consejos y ayuda, a pesar de cuán difícil sean las circunstancias, han dedicado su vida en mi desarrollo conduciéndome con gran sabiduría. Muy en especial: Mi madre Lucina Contreras Mojica y padre Mario Corro Solano.

A mis hermanos, Josué, Eliab y David, que con su paciencia y amor, siempre me apoyan en cada paso que doy. Mejores hermanos no pude haber tenido.

A la memoria de mis ancestros; mis abuelos (a) que ya han trascendido, a los que aún no, a mis tías(o) y a toda la familia, que siempre me han impulsado a seguir adelante, según su concepción de la vida.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Autónoma Chapingo y al Instituto de Horticultura que permitió mi desarrollo académico durante dos años.

Al Dr. Jesús Axayacatl Cuevas Sánchez, por su apoyo y consejos brindados desde aquel día en que lo conocí aceptándome como su estudiante y durante el desarrollo de esta tesis, logrando aún más mi fascinación por la Etnobotánica, además incentivándome en continuar preparándome profesionalmente.

A el Dr. Benito Reyes Trejo, que con su apoyo, paciencia y facilidades en el laboratorio de fitoquímica, logré concluir gran parte de la presente tesis.

Al M. C. José Merced Mejía Muñoz, por su apoyo y consejos acertados para enriquecer la calidad de ésta tesis y durante toda la maestría.

A la maestra Ernestina Cedillo Portugal, por su apoyo en el manejo de ejemplares colectados, revisión y comentarios para este trabajo y la maestra Rosalinda Medina Lemos de la UNAM por su apoyo en la identificación de los ejemplares de *Cnidoscolus*.

A todos los profesores que por alguna u otra razón, durante dos años compartieron sus experiencias y conocimientos.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por otorgarme la beca para estudiar la maestría en Ciencias en Horticultura.

A todos mis amigos y compañeros, que participaron en esta historia siempre animándome con su apoyo.

¡Mil gracias a todos!

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Rubicelia Corro Contreras

Fecha de nacimiento: 19 de noviembre de 1988

Lugar de nacimiento: Cosamaloapan, Veracruz.

Lugar de procedencia: Comunidad de Torno Largo, mpio. Chacaltianguis Veracruz.

CURP: COCR881119MVZRN06

Profesión: Ingeniero en Innovación Agrícola Sustentable

Cédula profesional: 9937975

Desarrollo académico

Bachillerato: Colegio de Bachilleres Núm 2 Cien metros

Licenciatura: Instituto Tecnológico Superior de Cosamaloapan

RESUMEN GENERAL

CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO ETNOBOTÁNICO DE CINTIÁHUA (*Cnidoscolus* spp.): CARACTERIZACIÓN *IN SITU*, VALOR NUTRICIO Y POTENCIAL BIOCOMBUSTIBLE

CONTRIBUTION TO ETHNOBOTANICAL STUDY OF CINTIAHUA (*Cnidoscolus* spp.): *IN SITU* CHARACTERIZATION, NUTRITIONAL VALUE AND BIOFUEL POTENTIAL

En la región de la Mixteca baja de Oaxaca se encuentra la comunidad de Acaquizapan, donde se conoce que existen plantas a las que comúnmente llaman Cintiahua o piñón, pertenecientes a *Cnidoscolus rostratus* ssp. *rostratus* y *Cnidoscolus rostratus* ssp. *glabra*, cuyas semillas son utilizadas como alimento humano, sin embargo, ese conocimiento es poco difundido y no existen estudios científicos que describan y fundamenten tal uso. Además, los aceites contenidos en las semillas pueden utilizarse para elaborar biodiesel. Los objetivos de la presente investigación fueron: 1) Realizar la caracterización morfológica *In situ* de los *taxa* referidos, 2) Describir las formas de aprovechamiento de las semillas en la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca y determinar su valor nutricio y 3) Determinar el uso potencial de los aceites contenidos en sus semillas como biocombustible. Con respecto al objetivo 1) se encontró que pertenecen a las subespecies ya referidas, diferenciadas principalmente por la presencia – ausencia de tricomas urticantes. Por otro lado, conforme al objetivo 2), se registró que las semillas son consumidas: hervidas y crudas, con contenido del 22.69 % - 26.37 % de proteínas, 46.52 % - 48.83 % de extracto etéreo, 3.69 % - 4.42 % de cenizas y 8.69 % - 11.99 % de extracto libre de nitrógeno respectivamente. Acorde con el objetivo 3), se extrajo 41.23 % de aceite de las semillas, con presencia de ácido linoléico en mayor proporción (61.979 %) y en menor proporción ácido oléico (15.780 %), palmítico (13.385 %), esteárico (6.796 %), linolénico (0.846 %) y araquídico (0.265 %). Los valores de las propiedades químicas como: índice de acidez (0.4737 mg KOH g⁻¹), de yodo (78.8 g I₂ 100⁻¹ g⁻¹), saponificación (136.23 mg KOH g⁻¹), así como valores de densidad y viscosidad son admitidos para la utilización en la elaboración de biodiesel y alimento humano.

Palabras Clave: Ácidos grasos, biocombustible, conservación, biodiversidad.

In the region of low Mixtec of Oaxaca is the community of Acaquizapan, where it is known that there are plants that commonly call Cintiahua or pinion, belonging to *Cnidoscolus rostratus* ssp. *rostratus* and *Cnidoscolus rostratus* ssp. *glabra*, whose seeds are used as human food, however, this knowledge is little spread and there are no scientific studies that describe and justify such use. In addition, the oils contained in the seeds can be used to make biodiesel. The objectives of the present research were: 1) To carry out the morphological characterization *In situ* of the mentioned *taxa*, 2) To describe the forms of use of the seeds in the community of Acaquizapan, Oaxaca and to determine their nutritional value and 3) To determine the potential use of the oils contained in their seeds as biofuel. With regard to objective 1) it was found that they belong to the subspecies already mentioned, differentiated mainly by the presence - absence of stinging trichomes. On the other hand, according to objective 2), the seeds were consumed: boiled and raw, containing 22.69% - 26.37% protein, 46.52% - 48.83% ethereal extract, 3.69% - 4.42% ash and 8.69% - 11.99% nitrogen free extract respectively. In agreement with the objective 3), 41.23% of oil of the seeds was extracted, with linoleic acid being present in a higher proportion (61.979%) and in a lower proportion oleic acid (15.780%), palmitic (13.385%), stearic acid, Linolenic (0.846%) and arachidic (0.265%). The values of chemical properties such as acidity index (0.4737 mg KOH g⁻¹), iodine (78.8 g I₂ 100⁻¹ g⁻¹), saponification (136.23 mg KOH g⁻¹), as well as density and Viscosity are accepted for use in the production of biodiesel and human food.

Keywords: Fatty acids, biofuel, conservation, biodiversity

1. INTRODUCCIÓN

México, a nivel mundial se establece como uno de los 12 países megadiversos (Sarukhán *et al.*, 2009), tal megadiversidad vista como patrimonio biocultural y en contraste con el actual deterioro ambiental, el cual no implica sólo la pérdida de la biodiversidad, sino todo el conjunto de la salud y funcionalidad de los ecosistemas, y con ello la degradación de los recursos ambientales, básicos para la supervivencia humana y del país (Boege, 2008). En ese sentido, el conjunto de conocimiento ecológico tradicional, mismo que se refiere a tecnologías, saberes y experiencias en el manejo de los recursos naturales, instituciones de acceso y prácticas simbólicas al interaccionar con la naturaleza es de suma importancia para el aprovechamiento de los recursos silvestres del país (Boege, 2008).

Si bien, se conoce que gran parte de la biodiversidad se agrupa en las regiones tropicales y subtropicales de México, también en las zonas áridas y semiáridas existe gran cantidad de recursos de importancia vital, al igual que con altos índices de endemismos de especies vegetales.

Se estima que en México hay entre 22 y 32 mil especies de plantas vasculares (Villaseñor, 2004 y Rzedowsky, 1991), además de un importante número de plantas no vasculares, dentro de las cuales al menos 7 mil plantas son cultivadas o recolectadas (FAO, 2015).

Sin embargo, a pesar de la gran riqueza con la que se cuenta, sólo 30 especies de cultivos alimentan al mundo y 5 cereales (Arroz, trigo, maíz, mijo y sorgo) proporcionan el 60 % de la energía alimentaria a la población mundial (FAO, 2015).

En ese contexto, *Cnidoscolus*, un género de la familia de las Euphorbiaceae, del cual se hoy se aceptan 94 especies y 52 *taxa* infraespecíficos (The plant list, 2016). Por otro lado, Steinmann (2002), menciona que, para *Cnidoscolus* se

registran 67 especies aceptadas mundialmente, de las cuales, en México existen 24 (36 % con respecto a nivel mundial), siendo 19 endémicas (79 % con respecto a la diversidad en México), las cuales presentan importancia alimenticia, medicinal, industrial, ornamental, o con potencial biocombustible. Sin embargo, su conocimiento en México es aún sumamente pobre a pesar de la trascendencia económica que varios de sus miembros pudiesen tener.

Por tales motivos, el objetivo de la presente investigación es contribuir al conocimiento del manejo, aprovechamiento y conservación de las poblaciones de *Cnidoscolus* spp., como base para la ampliación del beneficio derivado de los usos de dicha especie, en la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca.

La presente investigación se desarrolló en cuatro etapas las cuales involucraron: 1) La caracterización morfológica *In situ* de plantas conocidas como cintiáhua o piñón, 2) La descripción de las formas de aprovechamiento de las semillas en la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca en relación con su valor nutricio y 3) El uso potencial de los aceites contenidos en sus semillas como biocombustible.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Los recursos fitogenéticos

Existe una gran diversidad genética acumulada desde que apareció la vida en la Tierra, en este caso, la diversidad genética vegetal ha permitido un enorme aprovechamiento, pero a su vez la capacidad de adaptarse y ajustarse a los cambios continuos, a lo que se le llama resiliencia, (Lloret, 2012) y le confiere al sistema armonía y estabilidad. Tales adaptaciones y procesos de selección han dado lugar a los recursos fitogenéticos (Esquinas, 1993).

Su importancia radica en que son una fuente de diversidad, también, una fuente de resistencia a condiciones adversas; constituyen nuevas alternativas de

alimentos y ofrecen un gran valor de interdependencia mundial (FAO, 2016). Bajo esta definición se incluyen normalmente las categorías siguientes: variedades de especies cultivadas, tanto tradicionales como comerciales; especies silvestres o asilvestradas afines a las cultivadas o con un valor actual o potencial.

2.2 La biodiversidad, y su conservación como parte del patrimonio biocultural

La diversidad se diferencia en dos tipos principales “la diversidad biológica y la cultural, de la interacción se derivan otras más, entre ellas: la diversidad agrícola y la diversidad de paisajes. Las dos principales tipos de diversidad se conjugan en otros tipos de heterogeneidad, la cultural incluye a su vez la diversidad, lingüística y la cognitiva, en tanto que la diversidad biológica suele expresarse en cuatro niveles: 1) en el paisaje natural, 2) en los hábitats, 3) en las especies y 4) en los genomas (Toledo y Barrea-Bassols, 2009). De tal forma que, todas ellas coexisten íntimamente relacionadas y es a lo que se llama patrimonio biocultural. A la vez, se mantiene a lo largo del tiempo a través de una memoria biocultural de los pueblos tradicionales que, a pesar en gran parte de la crisis de la modernidad, siguen manteniendo, creando y recreando conocimientos de su entorno y de su propia existencia (Toledo, 2012).

En ese sentido, los pueblos originales o indígenas, basan su supervivencia en la agricultura, la cual está relacionada con el uso de los ecosistemas naturales y la inserción en ellos de estrategias agrícolas para el manejo y aprovechamiento de la biodiversidad para satisfacer sus necesidades (Boege, 2008).

En los años cincuenta y sesenta se reconoció la erosión genética como una amenaza creciente para la diversidad genética de los cultivos alimenticios y de sus parientes silvestres, razón importante para generar iniciativas para la conservación sistemática del germoplasma vegetal que asegurará la diversidad que requerirá la humanidad para su uso futuro (Engels & Visser, 2007).

Se distinguen dos tipos de conservación: *In situ* y *Ex situ*, sin embargo esta última en muchos casos se considera como complemento ideal de la primera (Bacchetta *et al.*, 2008). Este enfoque complementario es necesario, ya que las colecciones *Ex situ* nunca podrán contener todos los acervos de genes y las bases culturales que las definen como recurso, mientras que el germoplasma mantenido *In situ* frecuentemente continúa adaptándose a los cambios ambientales (Engels & Visser, 2007).

2.4 Importancia del estudio de las plantas silvestres

Las plantas son el primer eslabón en el flujo de energía de los ecosistemas por tener la capacidad de satisfacer a través del proceso fotosintético sus propias necesidades energéticas (substratos energéticos), por lo que el hombre desde el inicio de su existencia, al ser incapaz de elaborar por sí mismo los alimentos que posibilitan su vida, se condujo a la utilización de ciertos vegetales que le permitieran satisfacer sus necesidades; de tal forma que, al subsistir los dos en un mismo ambiente se dio la relación humano-planta; interrelación que propicia la existencia de los recursos fitogenéticos y el uso que los seres humanos les dan a estos recursos; ejes principales del estudio etnobotánico (Cuevas, 2008).

Una gran diversidad de especies vegetales con características propias, permitió que el ser humano lograra domesticar ciertas plantas, sin embargo, a pesar de que se obtenía y se sigue obteniendo beneficio de ellas, no todas han logrado ser cultivadas y aún menos, domesticadas.

La consideración de las plantas como recurso, seguramente obedeció en primera instancia a la necesidad del hombre de obtener sus alimentos, acción que concomitantemente condujo al conocimiento de otras propiedades (medicinales, alucinógenas, venenosas, rituales, etcétera) (Cuevas, 2008). Así que, con el desarrollo social, cultural y las condiciones del medio ecológico, contextos particulares en los que se fueron integrando los grupos humanos, amplían o disminuyen el conjunto de plantas útiles.

Dentro de este conjunto de plantas útiles se distinguen en una clasificación de acuerdo a la influencia que los seres humanos han manifestado sobre ellas; por lo tanto se reconocen:

Plantas silvestres: Plantas que no han sido influenciadas directamente por los seres humanos.

Plantas toleradas: Aquellas que se sobrellevan permitiendo su desarrollo en su hábitat natural, llegando en ocasiones a ser indirectamente influenciadas por el ser humano con algún uso empírico.

Plantas fomentadas: Plantas de las que se conoce algún uso de mayor importancia para el ser humano promoviendo su desarrollo y consumo.

Plantas cultivadas: Se refiere a las plantas cuya propagación ya involucra la aplicación de la llamada por Hernández (1985), “tecnología de cultivo” para promover su regeneración en microambientes modificados con fines de interés antropocéntrico, sin embargo, en algunos casos, como en el de las plantas medicinales o de uso industrial, su cultivo no necesariamente implica la expresión de dichos intereses.

Plantas domesticadas: Se puede hablar de plantas domesticadas sí y sólo sí los seres humanos aplicamos presión de selección, con el fin de que poco a poco se vayan expresando los genes de interés antropocéntrico.

Si se compara la planta cultivada con la planta silvestre de la cual deriva, uno repara en que esta última no se presta, ni mucho menos, a una recolección tan fácil. Las plantas domésticas se distinguen pues de las plantas silvestres de las que derivan por caracteres biológicos útiles al agricultor en el momento de la recolección, la siembra o la preparación culinaria; las plantas domésticas y las

plantas silvestres no difieren en lo absoluto (contrariamente a lo que podría pensarse) a nivel del rendimiento productivo de su metabolismo (Pernés, 1983).

En todo caso, las especies silvestres son de gran importancia, debido a que todas las plantas que actualmente son cultivadas y domesticadas por sus diversas formas de uso, provienen de un ancestro silvestre, sin los cuales su uso actual no fuera posible. En este contexto de importancia de los *taxa* silvestres, se evidencian características que los hacen ser muchos más adaptables a condiciones ecológicamente limitantes en comparación con algunos genotipos domesticados bajo criterios genotécnicos convencionales, asimismo, la diversidad infra y supra específica disponible en la mayoría de los casos ofrece amplias perspectivas para la domesticación *ex situ* o *in situ* dependiendo de las características ecológicas y culturales en que se piense implementar su manejo y aprovechamiento (Cuevas, 2008).

Las especies silvestres las podríamos clasificar de acuerdo a sus usos según Esquinas-Alcázar (1993):

De uso directo: Se trata de especies silvestres que el hombre utiliza pero no siembra ni cultiva. La erosión genética en esta categoría no se produce al azar sino discriminadamente contra el material más valioso. En efecto, en las poblaciones naturales de estas especies el hombre selecciona y consume las plantas que poseen los caracteres más codiciados. En muchas ocasiones este consumo lleva consigo la destrucción de las semillas o de las plantas antes de la producción de aquellas, desencadenando una selección negativa que acaba por eliminar en pocas generaciones dichos caracteres.

De uso indirecto: Son especies silvestres o asilvestradas afines a las especies cultivadas, que poseen caracteres hereditarios beneficiosos que pueden ser utilizados por sus parientes cultivados.

De uso potencial: Son especies que hoy no se utilizan, pero que, sus características o composición, hacen probable su utilización en el futuro. Es el caso de algunas especies silvestres de crecimiento rápido a las que la crisis energética actual ha abierto grandes perspectivas de utilización como productores rentables de agroenergía; un ejemplo relevante es la especie *Jatropha curcas* de la familia Euphorbiaceae (dentro de la cual se encuentran varias especies de plantas cuyas semillas tienen un alto contenido de aceites), la semilla de *J. curcas* tiene un alto contenido de aceite que es utilizado para la síntesis de biodiesel, actualmente sus estudios y la mayor parte de la producción son para su uso como fuente de aceites para producir biocombustible. Sin embargo, ésta y otras especies pudieran ser desarrolladas como alimento humano y de otros animales dado el carácter no tóxico de algunos genotipos como los que existen en el Totonacapan. También entran en esta categoría muchas especies silvestres que, tras ser analizadas en laboratorios farmacéuticos han mostrado un contenido en ciertas sustancias medicinales, superior al de las especies utilizadas tradicionalmente para la obtención de estos productos.

Cuevas (2008), menciona que en México las especies vegetales silvestres consideradas de interés antropocéntrico representan más del 90 % de las existentes en el país.

Gran parte de las especies silvestres útiles se encuentran en zonas de propiedad común, donde la gente local obtiene de forma tradicional diversos productos de su ambiente inmediato, que son útiles para su supervivencia (Martínez *et al.*, 2012), por sus atributos agronómicos (alta adaptación o adaptabilidad a condiciones ecológicas marginales), y la versatilidad en sus formas de uso (Cuevas, 2008).

Múltiples estudios etnobotánicos han revelado que las plantas silvestres complementan y diversifican en forma significativa la alimentación y la salud de

las poblaciones rurales durante periodos más o menos prolongados. La utilización de poblaciones de flora por parte de estos grupos humanos incluye desde la extracción esporádica, la explotación sustentable y en ocasiones han propiciado su cultivo y domesticación (Naranjo *et al.*, 2009).

Muchas especies de plantas que hoy en día sólo se encuentran en estado silvestre evidencian (conforme a los resultados hasta ahora obtenidos), atributos pertinentes al mejoramiento de la alimentación humana (*v.g.* presencia de proteínas, carbohidratos, vitaminas o grasas, cuanti o cualitativamente importantes), (Cuevas, 2008).

El uso antropocéntrico del mundo vegetal basado en la prioridad de las plantas en el medio rural es clasificada como: materiales básicos para el ser humano (alimenticias), medicinales, combustibles, textiles, materiales para construcción y además, de uso ornamental y religioso o “vinculado a la cosmovisión de un grupo humano”.

Sin embargo, los conocimientos y el uso de especies silvestres comestibles u otro uso se está perdiendo debido a que estos saberes son sumamente sensibles a los procesos de aculturación y desarraigo a los que están sujetos los habitantes de las poblaciones rurales, principalmente entre los jóvenes. Al salir de sus comunidades van perdiendo en muchos casos el conocimiento sobre los cultivos, el manejo y las costumbres, las cuales ya no son heredadas, o en otros casos no tienen interés de continuar con los conocimientos ancestrales y muchos padres prefieren solamente mandar a sus hijos a las escuelas, olvidando las actividades agrícolas en donde no ven un futuro viable, en lugar de realizar ambas actividades (Gómez, 2014).

Kuhnlein y Receveur (1996), mencionan la pérdida de los conocimientos en la adquisición, producción, transformación, conservación y uso de los alimentos y

de las costumbres y tradiciones asociadas al conjunto de recursos naturales utilizados en la cultura alimentaria.

Sin embargo, en la actualidad se ha llegado a una sobreexplotación que ha llevado al deterioro o la desaparición local o global de las especies más vulnerables o más sobreexplotadas (Naranjo *et al.*, 2009). La conservación de las plantas útiles está estrechamente vinculada con la preservación de prácticas de consumo y ritos, dando cuenta de una racionalidad en el uso de los recursos en función de la cosmovisión de las poblaciones.

La pérdida acelerada de la diversidad genética vegetal tanto de materiales silvestres como domesticados, constituye un problema cada vez más preocupante en el mundo (Cuevas, 2008). Nos enfrentamos a problemas que se extienden y que es cada vez más urgente enfrentar, como la destrucción acelerada de regiones enteras, ya sea por la explotación de madera o petróleo, o por su rápida transformación en pastizales o zonas extensivas de cultivo, así como la contaminación industrial.

Por esto, son cada vez menos las zonas en las que crecen poblaciones de plantas silvestres. Por ejemplo en México, donde la selva alta perennifolia ocupaba más del 10 % de su superficie, hoy sólo quedan vestigios de este tipo de vegetación en cuando mucho, el 0.5 % de nuestro territorio, siendo altamente probable (si no hacemos algo para su estudio y conservación), que sólo queden manchones reducidos en áreas destinadas específicamente a funcionar como reservas biológicas (basado en Rzedowski y Equihua, 1978; citado por Cuevas, 2008), perdiéndose irremediablemente la información genética pertinente a la continuidad de la labor de domesticación llevada a cabo en México por miles de campesinos, destacando dentro de éstos aquellos que continúan practicando la tecnología agrícola tradicional.

2.5 Aspecto Etnobotánico

La Etnobotánica, es un proceso dialéctico (Hernández, 1971); en el que están involucrados estudios interdisciplinarios que ayudan en la interpretación del significado de las múltiples interrelaciones que la especie humana ha establecido con los elementos que le rodean, en especial con las plantas (Alcorn, 1997).

Para llevar a cabo los estudios interdisciplinarios en los que se fundamenta la investigación etnobotánica, es fundamental: 1. Proporcionar información pertinente al uso y manejo de las plantas y 2. Elucidar el texto etnobotánico a través de la definición, descripción e investigación, de los papeles (funciones) involucrados en dicho proceso (Hernández, 1971).

2.6 El género *Cnidoscolus*

Cnidoscolus, etimológicamente proviene del griego *Knídh*, ortiga y *skolós*, púa, nombre que alude a lo urticante que pueden ser las especies que integran a este género (Fernández, 2007). Perteneciente a la familia Euphorbiaceae, la cual se calcula a nivel mundial presenta una gran distribución de géneros de importancia mundial (Steinmann, 2002), alrededor de 8100 especies ubicadas en 322 géneros aproximadamente (Martínez *et al.*, 2002).

La familia se encuentra ampliamente distribuida a través de la República Mexicana desde el nivel del mar, hasta más de 3,000 m de elevación y alcanza la máxima diversidad y abundancia en los bosques tropicales caducifolios (Steinmann, 2002).

Se divide en cinco subfamilias donde *Cnidoscolus* Pohl se encuentra dentro de la subfamilia Crotonoideae (Steinmann, 2002; Martínez *et al.*, 2002).

Para *Cnidoscolus* sect. *Calyptosolon* se registra una revisión (moderna) por Breckon (1979); con 20 especies en México (Steinmann, 2002).

Las especies de *Cnidoscolus* se describen como hierbas, arbustos o pequeños árboles, monoicos o dioicos, los tallos generalmente armados con tricomas urticantes, exudado presente; el fruto es una cápsula, ovoide o subglobosa, hispida, columela presente, delgada; semillas globosas con arilo y carúncula presentes (Martínez *et al.*, 2002). Y se pueden considerar como especies alógamas (Madeiros *et al.*, 2006).

La época de floración se presenta de mediados de marzo a mediados de junio y la fructificación es de junio a noviembre; dentro del valle de Zapotitlán y Chazumba la distribución es restringida en el estrato arbustivo de las poblaciones de Yuca, *Dasyllirion* y pochote (*Ceiba parvifolia*) (Granados *et al.*, 2004).

Para *Cnidoscolus* Pohl se registran 67 especies aceptadas mundialmente, en México existen 24 (36% con respecto a nivel mundial) de las cuales 19 son endémicas (79% con respecto a la diversidad en México) (Steinmann, 2002), y presenta una amplia distribución en el país (Fernández, 2007; Breckon, 1979).

2.6.1 *Cnidoscolus* spp. como recurso fitogenético

En acuerdo con Cuevas (información personal), se dice que para que la diversidad vegetal sea considerada un recurso fitogenético debe de tener un uso por los seres humanos, de otra forma las especies pueden estar en el medio ecológico y seguir siendo simplemente parte del mismo sin otra trascendencia que su rol natural para el equilibrio. Por lo tanto, para que las plantas sean percibidas como recursos antropocéntricos se requiere cultura, conocimientos empíricos o científicos que nos permitan identificar a la especie y sus usos vigentes o potenciales.

Para el caso de *Cnidoscolus*, su importancia y aprovechamiento de la mayoría de las especies no es muy conocido. Una de ellas que mejor representa a este género es *Cnidoscolus aconitifolius*, llamada comúnmente “Chaya”, de la raíz maya *Chay* (“lo que aumenta”), (Fernández, 2007). Esta especie es de importancia como alternativa alimenticia en distintas regiones del país desde tiempos precolombinos (Ross & Molina, 2002); posee excelentes cualidades nutritivas (Aguilar *et al.*, 2002; citado por Fernández, 2007), y medicinales como remedio tradicional contra la diabetes, reumatismo desórdenes gastrointestinales (Kolterman *et al.*, 1984; Kuti & Torres, 1996), y potencial cardioprotector (García *et al.*, 2014). Actualmente se consume como verdura en una gran variedad de platillos conocidos especialmente en comunidades rurales, donde aún se conservan conocimientos ancestrales, y en otros lugares se cultiva (Aguilar *et al.*, 2012; Cifuentes *et al.*, 2009).

Las especies de *Cnidoscolus* presentan importancia tanto económica como alimenticia en diversas comunidades del país; son consideradas, según Granados *et al.* (2004) plantas silvestres de recolección donde sus usos son sólo conocidos por los pobladores que las consumen, es el caso, por ejemplo de la especie cuyo estudio se abordó en el presente estudio, la cual crece en la mixteca Poblana–Oaxaqueña y valle de Tehuacán-Cuicatlán; en hábitats primarios no perturbados por las actividades humanas y de los cuales se obtienen directamente las partes útiles, destacando entre éstas las semillas, las cuales se consumen como botana; hervidas o tostadas con sal; este producto se lleva a los mercados y se usa principalmente en trueques para intercambio por diversos bienes (Granados *et al.*, 2004).

Variadas especies de *Cnidoscolus* son conocidas comúnmente como “mala mujer”, u otro nombre, como piñón, dependiendo de la región; por ejemplo *Cnidoscolus multilobus*, se le conoce con diversos nombres: Mala mujer de cerro, ortiga en Oaxaca; chench tiek en Puebla; cajni (tepehua); gahni, kgajna; kakne

(totonaco), tectzon; quilit (nahua) tzitzitcastle (náhuatl) en Veracruz (AMTM, 2014).

La “mala mujer” (*Cnidoscolus* spp.) es considerada una planta silvestre de recolección, donde su uso es sólo conocido por los pobladores de la mixteca Poblana–Oaxaqueña y valle de Tehuacán-Cuicatlán; la chaya (*Cnidoscolus aconitifolius*), es consumida como verdura (quelite), y la mala mujer principalmente como botana (Granados *et al.*, 2004).

Comúnmente se les llama “mala mujer” por lo urticante que puede llegar a ser estas especies poco conocidas.

Los usos, además de alimenticios, también se relacionan con la medicina tradicional; durante todo el año proporciona hojas para realizar curaciones como remedio contra la picadura de víbora (Granados *et al.*, 2004), de alacranes, contra el reumatismo y la artritis; además se usa como cuajo natural para hacer requesón y quesos (Téllez *et al.*, 2002). También se reporta *Cnidoscolus tepiquensis* (Cost. & Gall.) McVaugh, usada para obtener el llamado Chicle de Talpa en Jalisco, México (Cházaro *et al.*, 1997).

Otro importante uso prometedor, es la utilización de las semillas de *Cnidoscolus multilobus* (mala mujer). Es la obtención del aceite como fuente alternativa para la producción de biodiésel; en donde estudios recientes y como primeras aproximaciones en la investigación en la búsqueda de nuevas alternativas renovables para la obtención de biocombustibles, se ha realizado para *Cnidoscolus*; encontrando que las semillas de *C. multilobus* presentan alto contenido de ésteres metílicos con dobles enlaces (74.2 %), ideales para la utilización del biodiésel a bajas temperaturas (Reyes *et al.*, 2013).

En el caso de *Cnidoscolus angustidens* Torr. endémica en el noreste de México, existen estudios que indican algunas características del aceite de sus semillas,

en las que se encontraron hasta 26 % de aceite comestible y una sola planta puede producir al menos 50 g de semillas, por lo tanto una cosecha cultivada puede producir hasta 500 kg de semilla por temporada (León *et al.*, 1999).

C. pyllacanthus (Cavalvanti *et al.*, 2009) o *C. quercifolius* (Santos *et al.*, 2005) en Brasil, conocidas como Faveleira, en las cuales los estudios indican que tienen altos contenidos de lípidos y proteínas, y también su semilla es consumida como alimento.

Además, se reporta que *C. aconitifolius*, *C. urens*, *C. tepiquensis*, eran fuente de latex (Academia Nacional de Ciencias, 1976, tomado de León *et al.*, 1999).

Sin embargo, estas especies están en riesgo de su desaparición debido a que no hay esfuerzos por conocer sus usos y usarlas de una manera sustentable, propiciando su conservación. Así, encontramos a una de las especies que son endémicas de México y según el listado de la Norma Oficial Mexicana NOM-059 de protección ambiental de SEMARNAT (2010), *Cnidoscolus autlanensis* se considera bajo la categoría de sujeta a protección especial (Pr), entendiendo por esto como todas aquellas especies que podrían llegar a encontrarse amenazadas por factores que inciden negativamente en su viabilidad, por lo que se determina la necesidad de propiciar su recuperación y conservación de poblaciones de especies asociadas.

2.7 Consideraciones generales de la comunidad de estudio: Acaquizapan, Oaxaca.

Acaquizapan es un pequeño pueblo Indígena mixteco situado en la región baja de la mixteca Oaxaqueña. Se encuentra al lado norte del distrito de Huajuapán de León, Municipio de Santiago Chazumba, con coordenadas de Latitud: 18.1439 N; Longitud : -97.73226 W +-13 m. y 1742 msnm en el centro de la comunidad.

Acaquizapan significa hacía la salida del carrizal o su nombre en mixteco *DINIYUTE* que significa cabeza de río. Según conteo nacional del INEGI (2010) esta comunidad cuenta con 1918 habitantes. El nombre completo de la comunidad es Santa María Acaquizapan.

A los pobladores se les conocía como Mixtecos que significa habitante del país de las nubes, se presume que son descendientes de la rama olmeca, para ellos tiene una gran importancia el conocimiento de las plantas, y su entorno de acuerdo a sus necesidades alimenticias, medicinales y rituales (Spores 1984).

Acaquizapan se localiza en la parte norte del estado de Oaxaca, en el sistema montañoso del norte del estado. Sus principales formaciones montañosas de la población son según los nombres en la comunidad: Chapulín, el Camaleón, el remolino, la muñeca, el timbre, entre otros.

Sus colindancias son al norte con Joluxtla y Lunatitlán del Progreso, al sur con Tequixtepec, Yolotepec y Chinango, al este con Huaxtepec y Huapanapan y al oeste con Cosoltepec.

Geológicamente sobresalen rocas metamórficas (Esquistos). Antiguas publicaciones manifiestan que se presenta a lo largo de la faja casi interrumpida y que corresponde en su mayor parte a las Sierra Madre del Sur y a la Sierra Madre de Chiapas.

En cuanto a suelo, existe heterogeneidad predominando los suelos tepetatosos de fácil desertificación, es decir Regosol Eútrico, que son suelos procedentes de material no consolidado excluyendo depósitos aluviales recientes, sin horizontes de diagnóstico (a menos que estén enterrados a 50 cm o más de material nuevo) más que un horizonte Aótrico; carentes de propiedades hidromórficas de los primeros 50 cm de profundidad, carentes de las

características que son de diagnóstico para vertisoles y andosoles; sin salinidad elevada, cuando tiene textura gruesa, carentes de laminillas de acumulación de arcilla de las características de horizonte B cámbrico u óxido o de material, que son características de los arenosoles. Los regosoles eutrícos tienen un horizonte aocrico y una saturación de bases de 50 % entre los 20 y 50 cm de profundidad de la superficie.

Según la clasificación de los tipos de vegetación de Miranda y Hernández . (1963), el tipo existente en la comunidad de estudio pertenece a selva baja caducifolia. Además presenta temperaturas de 20 a 30 °C y precipitación media anual entre 700 a 800 mm.

Los cultivos que se practican en la comunidad principalmente son maíz, maíz/frijol y frijol y actualmente son productores importantes de pitaya y jiotilla (*Escontria chiotilla*), plantas que han sido seleccionadas y manejadas según sus necesidades. Hace poco más de 20 años, éstas eran consideradas silvestres de recolección de temporada de producción, junto con otros productos, como el nanche, piñón o cintiahua, la chupandía, xoconostles, guaje, pochote, entre otros. La cantidad recolectada depende de la habilidad del colector y la cantidad de producto disponible por planta, utilizan unos cestos de carrizo llamados chiquihuites, los nanches y chupandías se recolectan manualmente, sacudiendo los árboles, el piñón o cintiáhua es de forma manual, auxiliándose de una rama o palo en forma de gancho (muy parecido al chicole, que es una especie de palo en uno de cuyos extremos se coloca un cesto en forma de ovalo alargado con aberturas para que la fruta pueda ser jalada, cortada y recolectada ahí mismo, hecho de ramas de carrizo), para facilitar el corte y evitar el roce con las espinas del arbusto o planta. Para la jiotilla utilizan el chicole. Estos productos son para autoconsumo o en caso de excedente son comercializados regionalmente y representan una economía secundaria.

El 90 % de tierras laborables son de temporal y el 10 % son tierras de medio riego (temporadas de lluvia). Las prácticas agrícolas son: el barbecho, surcado, deshierbe, labranza y cosecha. La pitaya y el xoconostle se consideran plantas cultivadas de interés socioeconómico. La primera se cosecha en mayo abril (comercialización más nacional) y el segundo en septiembre (comercialización regional).

Hace algunos años también, uno de los principales ingresos era la elaboración de sombreros artesanales, sin embargo ese conocimiento se ha perdido y ya no se practica.

Otra actividad importante es la cría de ovicaprinos, por lo general la mayoría de las familias tienen un rebaño pequeño.

2.8 Las semillas y su calidad nutricia

Las semillas son cápsulas del tiempo de la vida. Constituyen el medio por el que las plantas con flor sobreviven a condiciones ambientales desfavorables entre una generación y la siguiente (Doria, 2010). Muchas de ellas, además de su interés biológico son consideradas aún más de interés antropocéntrico como alimenticias u otro uso.

Algunas semillas poseen altos beneficios nutricionales en la alimentación humana, así han revelado múltiples estudios que a través de análisis químicos se puede comprobar la calidad nutricia de las mismas. Con las técnicas descritas por la Asociación Oficial de Análisis Químicos (AOAC) (1990), permite determinar varios nutrientes.

2.9 Análisis proximal y su composición

El análisis proximal pretende evaluar en forma global cada grupo de los nutrientes que contienen un alimento. Consta de la determinación de humedad,

extracto etéreo, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, proteína cruda y ceniza (Cuadro 1).

Cuadro 1. Composición del análisis proximal (Tomado de Sosa, 1979)

Nutriente	Determinación del análisis proximal	Compuestos químicos que teóricamente pueden estar presentes en cada determinación
Agua	Humedad	Agua
Lípidos	Extracto etéreo	Grasas, aceites, ceras, fosfátidos, cerebrósidos, lipoproteínas, pigmentos liposolubles, esteroides y vitaminas liposolubles.
Carbohidratos	Fibra cruda	Celulosa, hemicelulosa y lignina
Proteínas	Proteína cruda	Proteínas, aminoácidos; compuestos orgánicos nitrogenados no proteicos como aminos, vitaminas del complejo B, ácidos nucleicos y glucósidos nitrogenados, clorofilas, compuestos inorgánicos nitrogenados como sales de amonio, hidróxido de amonio, amoníaco, nitratos y nitritos
Minerales	Cenizas	Compuestos de Ca. K. Mg, Na, P, Fe. Mn, Cl, S, Cu, Co, Zn, Mo, Se, Si,

A pesar de que el análisis proximal, es muy utilizado, posee algunos errores principalmente en la determinación de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, y otra desventaja es que no da información de cuáles compuestos y cuánto de cada de ellos contiene cada determinación, sin embargo, con la complementación de otros métodos se puede obtener mayor información.

2.9.1 Humedad

El contenido de agua o humedad es uno de los elementos más variables, especialmente en los alimentos vegetales. Su determinación se basa en la medición directa o indirecta del agua eliminada del alimento, los cambios en las propiedades físicas que varían sistemáticamente con el contenido de agua.

Según métodos oficiales, se recomienda efectuar la medición a una temperatura de secado más baja (70 °C) para los alimentos vegetales (AOAC International, 1990).

2.9.2 Proteína cruda

La proteína cruda se calcula multiplicando el nitrógeno total (N) por un determinado factor el cual es 6.25, tomando como base la hipótesis de que las proteínas contenían un 16 % de N, sin embargo se sabe que actualmente las proteínas de origen vegetal contienen más N, por lo que se requiere un factor más bajo.

La adecuada evaluación de este parámetro permite controlar la calidad de los insumos proteicos que están siendo adquiridos. Su análisis se efectúa mediante el método de Kjeldahl, mismo que evalúa el contenido de nitrógeno total en la muestra, después de ser digerida con ácido sulfúrico en presencia de un catalizador de mercurio o selenio.

2.9.3 Extracto etéreo

El extracto etéreo puede contener grasa y aceites pero también puede haber cualquier compuesto que pertenezcan a los lípidos, ya sea que posean o no valor nutritivo, por ejemplo las vitaminas liposolubles, A, D, E y K, los carotenos que son precursores de la vitamina A, fosfolípidos, lipoproteínas y glucolípidos.

Los materiales o alimentos más abundantes en extracto etéreo son las semillas oleaginosas con contenido entre 20 % y 40 % de extracto etéreo, sin embargo no es común emplearlas como alimentos, debido a que son cultivadas para obtener aceite, sin embargo, los residuos obtenidos después de la extracción, dependiendo del método aplicado pueden contener entre 1 % y 8 % de extracto etéreo. Como es el caso en las pastas de las oleaginosas, el extracto etéreo es principalmente aceites.

Este método se fundamenta en la extracción continua mediante calor de todas las sustancias solubles en éter dietílico provenientes de una muestra seca.

Se ha demostrado que con el uso de mezclas de disolventes polares y no polares se extraen prácticamente todos los lípidos de la mayor parte de los alimentos.

2.9.4 Fibra cruda

El método para obtener la fibra cruda permite determinar el contenido de carbohidratos en la muestra, después de ser digerida con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio y calcinado el residuo. La diferencia de pesos después de la calcinación nos indica la cantidad de fibra presente.

2.9.5 Ceniza

El contenido de ceniza en los alimentos o sus ingredientes se determina mediante la calcinación. Se considera como el contenido de minerales totales o material inorgánico en la muestra.

2.9.6 Extracto libre de nitrógeno

Dentro de este concepto se agrupan principalmente por carbohidratos digeribles, así como también vitaminas y demás compuestos orgánicos solubles no nitrogenados.

2.10 Extracción de aceites y su caracterización físico-química

La extracción es una técnica de separación y purificación para aislar una sustancia de una mezcla sólida o líquida en la que se encuentra.

La extracción de lípidos empleando solventes químicos consiste en usar un solvente para extraer selectivamente esas sustancias de interés. El método Soxhlet es uno de más utilizados para la extracción de muestras sólidas. Se

utiliza comúnmente en los laboratorios para la determinación de contenidos grasos

2.10.1 Composición físico química de los aceites

Los aceites vegetales son una mezcla de triacilglicéridos (triglicéridos), es decir, una molécula de glicerol esterificada con tres moléculas de ácidos grasos.

Algunas de las propiedades físico-químicas más empleadas en el análisis de los aceites son las siguientes:

Índice de acidez

El índice de acidez indica el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para neutralizar los ácidos grasos libres en un gramo de grasa y se expresa en miligramos por gramo. Sirve para determinar el contenido de ácidos libres en el aceite, constituye una medida del grado de hidrólisis de una grasa.

La causa de la existencia de los ácidos libres es la actividad enzimática de las lipasas. Por lo tanto es una medida del grado de descomposición del aceite por acción de las lipasas principalmente, o alguna otra causa.

Índice de yodo

Se refiere al peso de yodo absorbido por la muestra y se expresa en gramos de yodo por cada g de muestra; mide la insaturación, pero no define que tipo de ácidos grasos están presentes. Es una disolución de la muestra y adición de reactivo de Wijs. Una vez transcurrido 30 minutos, se adiciona solución acuosa de yoduro potasio y valoración del yodo liberado con solución de tiosulfato de sodio (Gunstone, 2011), el cual es útil para definir el grado de insaturación de los aceites.

Índice de peróxidos

El índice de peróxidos da una aproximación de la oxidación. Es llevada a cabo entre el oxígeno y los ácidos grasos insaturados dando como formación a los hidroperóxidos que no tienen olor ni sabor, pero colapsan rápidamente formando aldehídos los cuales si presentan olor y sabor desagradable. Por eso es una medida de la rancidez de los aceites en etapas primarias.

Es la cantidad (expresada en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de muestra) de peróxidos en la muestra que ocasionan la oxidación del yoduro de potasio (Canapi *et al.*, 2005).

Índice de saponificación

Es una medida de los grupos reactivos álcali, es usado para predecir el tipo de glicéridos en una muestra. Los glicéridos que contienen ácidos grasos de cadena corta (mirístico, palmítico) tienen valores de saponificación más altos que aquellos que contienen ácidos grasos de cadena más larga (oleicos, linoléico y linolénico). Sin embargo, no identifica los tipos de ácidos grasos que contienen los aceites.

Densidad y Viscosidad

La viscosidad de los aceites depende principalmente de la composición de sus triglicéridos, y está muy relacionada con la temperatura, debido a que si se aplica mayor temperatura el aceite tendrá menos viscosidad.

De igual manera, la densidad de los aceites disminuye linealmente con el incremento de la temperatura y es dependiente del peso molecular de los ácidos grasos.

Calor de combustión

El calor de combustión es la cantidad de calor producido por la combustión de un kilogramo de aceite. Es la energía liberada cuando los componentes presentes como moléculas de hidrógenos, carbono y oxígeno son completamente convertidos. Los aceites vegetales y los esteres metílicos han sido considerados como biocombustibles. Entre más ácidos grasos saturados mayor el calor de combustión.

Reacción de transesterificación

La reacción de transesterificación se lleva a cabo entre un triglicérido proveniente del aceite vegetal o de la grasa de animal, y un alcohol de bajo peso molecular, sea metanol o etanol, para producir en el primer paso la conversión del triglicérido a diglicérido, seguido de la conversión del diglicérido a monoglicérido y finalmente de monoglicérido a glicerol; a la par se forma una molécula de éster metílico por cada glicérido, para al final de la reacción obtener tres moléculas de éster metílico, es decir biodiesel, y una molécula de glicerol. La reacción se muestra en el figura 1.

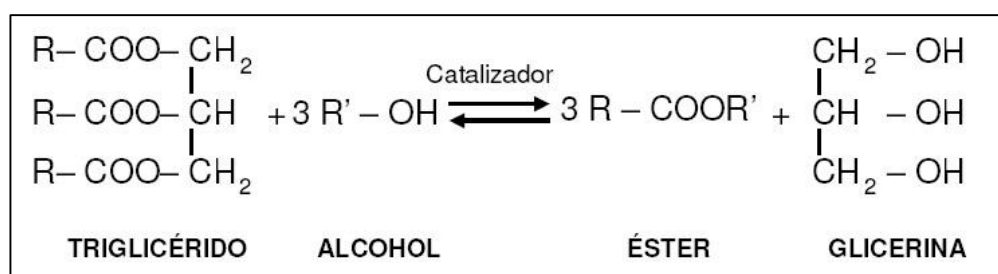


Figura 1. Reacción de transesterificación

2.10.2 Composición de ácidos grasos del biodiesel usando cromatografía de gases

La cromatografía de gases es una de las técnicas más empleadas, para la detección de esteres metílicos, después de la transesterificación, es una técnica

en la que la muestra se disuelve con una fase móvil que es un gas, y se hace pasar a través de una fase estacionaria inmisible, fija en una columna. Las dos fases se eligen de tal forma que los componentes de la muestra se distribuyen en grados distintos entre la fase móvil y la fase estacionaria. Aquellos componentes que son fuertemente retenidos por la fase estacionaria se mueven con mucha lentitud con el flujo de la fase móvil. En cambio los componentes unidos débilmente a la fase estacionaria se mueven con rapidez, como consecuencia de las distintas velocidades de migración, los componentes de la muestra se separan en bandas o zonas distintas que se pueden analizar en forma cualitativa y cuantitativa (Skoog *et al.*, 2003).

2.11 El biodiesel como alternativa energética

Los biocombustibles son una fuente de energía renovable, ya que proviene esencialmente de la fotosíntesis, proceso por el cual las plantas reducen y fijan el CO₂, transformándolo en carbohidratos, como azúcares, almidones y aceites.

El biodiesel es un biocombustible líquido que se obtiene a partir de lípidos naturales como aceites vegetales o grasas animales; limpias o usadas, mediante procesos industriales de transesterificación. Las especies más usadas para obtener biodiesel son la palma aceitera y la soya y se puede usar en lugar del diesel convencional.

El Biodiesel es un combustible compuesto de esteres mono alquílicos de ácidos grasos de cadena larga derivados de lípidos renovables, las tres cadenas de ésteres de cada molécula de triglicérido reaccionan con un alcohol (metanol), y los productos finales son glicerina y un metiléster de ácido graso, que es el combustible. Las moléculas de oxígeno que retiene el biodiesel le otorgan propiedades favorables para la combustión.

Sin embargo, la obtención de aceites a partir de especies oleaginosas cultivadas como soya, palma o cártamo y los cultivados para etanol como el maíz o caña de azúcar requieren superficies muy extensas, además, en su mayoría, son cultivos que forman parte de la dieta básica del ser humano, lo que puede resultar en el desabasto y alza de precio en el mercado de estos alimentos. Por lo tanto, es necesario priorizar investigaciones con especies alternativas menos conocidas y con menor importancia alimenticia.

Algunas especies silvestres de crecimiento rápido a las que la crisis energética actual ha abierto grandes perspectivas de utilización como productores rentables de agroenergía; un ejemplo relevante es la especie *Jatropha curcas*, de la familia Euphorbiaceae (dentro de la cual se encuentran varias especies de plantas cuyas semillas tienen un alto contenido de aceites), la semilla de *J. curcas* tiene un alto contenido de aceite que es utilizado para la síntesis de biodiesel actualmente sus estudios y la mayor parte de la producción son para su uso como fuente de aceites para producir biocombustible (Cifuentes *et al.*, 2009).

Estudios recientes señalan a especies, como *Jatropha curcas* con gran potencial para la obtención de aceites, así como *Cnidoscolus multilobus* (Reyes *et al.*, 2013), ambas alternativas para la creciente demanda de energías renovables.

Existen dos normas ampliamente reconocidas para el uso de biodiesel como combustible: Norma ASTM D6751 establecida por la American Society for Testing and Materials (USA) y Norma EN 14214 establecida por la European Standards (Unión Europea)

ASTM D6751 es un estándar internacional generalizado de biodiesel puro (B100), sin embargo, actualmente el uso de mezclas diesel / biodiesel es más frecuente debido a que la ASTM ha establecido la norma ASTM D7467 para los grados de mezcla de combustible de B6-B2 (60 % diesel petroquímico / 40 %

biocombustible). En las cuales se especifica los requisitos y métodos de ensayo que el biodiesel debe cumplir para ser utilizado.

2.12 LITERATURA CITADA

- Alcorn J. B. (1997). Ámbito y Objetivos de la Etnobotánica en un Mundo en Desarrollo. *Lecturas en Etnobotánica Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica. Serie: Traducciones. Universidad Autónoma Chapingo* 15, 1-15
- Aguilar, L. J., M E., García, V. E., Macario, M. P. A., Huerta, L. E. & De Alba, B. R. (2012). Effect of the plantation density in the growth and productivity of *Cnidoscolus chayamansa* Mcvaugh (Euphorbiaceae). *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 15, 77-86
- Atlas de Medicina Tradicional Mexicana (AMTM) (2014). Catalogo de medicina Tradicional mexicana. Consultado en: http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/monografia.php?l=3&t=Mala_mujer&id=7593
- Bacchetta, G., Bueno, S. A., Fenu, G., Jiménez, A. B., Mattana, E., Piotto, B. y Virevaire, M. (2008). Conservacion *ex situ* de plantas silvestres. *La Caixa*, 1, 378
- Boege, S. E., Vidrales, C. G., García, C. I., Mondragón, M., Rivas, A. J., Lozada, M. P. y Soto, F. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 344p.
- Breckon, G. J. (1979). Studies in *Cnidoscolus* (Euphorbiaceae) I. *Jatropha tubulosa*, *J. liebmannii* and Allied Taxa from Central Mexico. *Brittonia*, 31(1), 125-148.
- Canapi, E. C., Augustin, Y. T. V., Moro, E. A., Pedrosa, E. Jr. & Bendaño M. L. (2005). Coconut Oil. In: Shahidi, F. (Ed.), *Edible Oil and Fat Preproducts: Chemistry, Properties, and Health Effects*. Bailey's industrial oil products. Wiley-Interscience.
- Cházaro, B. M., Lomelí, S. J. A., Acevedo, R. R. y Machuca, N. J. A. (1997). *Cnidoscolus tepiquensis*, el chicle de Talpa de Jalisco, México. *Revista Quepo*, 11, 69-77.

- Cavalcanti, T. M., Bora, S. P. & Carvajal, L. J. C. (2009). Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da faveleira (*Cnidosculus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Ho m.) com e sem espinos. *Ciência y Tecnología de Alimentos*, 29(3), 597-602
- Cifuentes, R., Poll, E., Bressani, R. y Yurrita, S. (2009). Caracterización Botánica, Molecular agronómica y química de los cultivares de chaya (*Cnidosculus aconitifolius*). *Revista de la Universidad del Valle de Guatemala*, 21, 34-49
- Cuevas, S., J. A. (2008). El Banco Nacional de Germoplasma Vegetal: Ph. D. Salvador Miranda Colín. . *Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica. Serie: Conservación de Recursos Vegetales*, 1(5), 1-25
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: su producción, y almacenamiento, *Cultivos tropicales*, 31(1), 74-85.
- Engels, J. M. M. y Visser, L. (Eds.). (2007). *Guía para el manejo eficaz de un banco de germoplasma. Manuales para Bancos de Germoplasma*. Roma, Italia: Bioversity International. 190p.
- Esquinas, A. J. T. (1993). La diversidad genética como material básico para el desarrollo agrícola. In: Cubero J. I. y Moreno, M. T. (Eds.), *La agricultura del siglo XXI*, (pp. 79-101). Madrid, España: Mundi Prensa.
- Fernández, C. F. J. (2007). *Cnidoscolorum notulae: C. aconitifolius* (Miller) I. M. Johnston subsp. *aconitifolius*. *Adumbrationes and Summae Editionem*, 21, 1-46
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2016). Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos. Consultado en: <http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S03.htm>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2015. Recursos genéticos para la alimentación y la agricultura. Consultado en: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/174210/>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) (2002). *Glossary on forest genetic resource*. Roma: Forest Genetic Resources Working Papers.
- García E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2, 246p

- García, R. R. V., Gutiérrez, R. G. A., Méndez, B. E., Sánchez, M. A., Maldonado, S. O., Domínguez, O. M. A., Vázquez, H. M., Muñoz, M. O. D. & Cruz, S. J. S. (2014). *Cnidoscolus chayamansa* McVaugh an important antioxidant, anti-inflammatory and cardioprotective plant used in Mexico. *Journal of Ethnopharmacology*, 151 937–943
- Gómez, P. A. (1993). Las Raíces de la Etnobotánica Mexicana. In: Guevara, S., Moreno, C. P. y Rzedowski (Eds.), *Logros y Perspectivas del Conocimiento de los Recursos Vegetales de México en vísperas del Siglo XXI*. México: Instituto de Ecología A, C. y Sociedad Botánica de México, 26-37
- Granados, S. D., Hernández, G. M. A. y López, R. G. F. (2004). Estudio integral del valle de Tehuacán-Cuicatlán: recursos genéticos de plantas. In: Chávez, S. J. L., Tuxill, J. y Jarvis, D. I. (Eds.), *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales* (pp. 97-109). Cali, Colombia, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
- Gunstone, F. D. (2011). Vegetable Oils in Food Technology: Composition, properties and uses. *Blackwell Publishing* 2 (1), 337p.
- Hernández, X. E. (1971). *Exploración etnobotánica y su metodología*. México: Colegio de Postgraduados de la Escuela Nacional de Agricultura, 39 p.
- Hernández, X., E. (1985). *Xolocotzia: Obras de Efraím Hernández Xolocotzi*. México: Universidad Autónoma Chapingo 1:799 pp.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) 2010. Censo Nacional de población y Vivienda (2010). Consulta en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/ccpv/cpv2010/Default.aspx>
- Kolterman, D. A., Breckon G. J., Kowal, R. R. (1984). Chemo taxonomic studies in *Cnidoscolus* (Euphorbiaceae). II. Flavonoids of *C. aconitifolius*, *C. souzae* y *C. spinosus*. *Systematic Botanical Journal*, 9(1), 22–23
- Kuhnlein, H. & Receveur, O. (1996). Dietary change and Traditional food Systems of indigenous Peoples. *Annual Review of Nutrition*, 16, 41-42.
- Kuti, J. O. & Torres, E. S. (1996). Potential nutritional and health benefits of tree spinach. In: Janick, J. (Eds.), *Progress in New Crops*. (516–520). ASHS Press Arlington, VA.
- León, L. J. L., Troyo, D. E., Ortega, N. M. M. & López, G. F. (1999). “Caribe” (*Cnidoscolus angustidens* Torr.), a promising oilseed geophyte from north-west Mexico. *Journal of Arid Environments*, 41, 299–308.

- Lloret, F. (2012). Vulnerabilidad y resiliencia de ecosistemas forestales frente a episodios extremos de sequía. *Ecosistemas*, 21(3), 85-90
- Madeiras, S. L. M., Aguilar, I. B., Almeida, V. R., Candeia, M. I. F. (2006). Biología reproductiva de *Cnidosculus juercifolius* Pax & K. Hoffm (Euphorbiaceae). *Revista de Biología y Ciencias de la Tierra*, 6 (2), 1519-5228.
- Martínez-Gordillo, M., Jiménez-Ramírez, J., Cruz, D. R., Juárez, A. E., García, R., Cervantes, A., y Mejía, H. R. (2002). Los géneros de la familia Euphorbiaceae. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 73(2),155-281
- Martínez, P. A., Pérez, L. P. A., Gil, M. A. y Cuevas, S. J. A. (2012). Plantas silvestres útiles y prioritarias identificadas en la Mixteca Poblana, México. *Acta Botánica Mexicana*, 98, 73-98
- Miranda, F. y Hernández X. E. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28, 29-179
- Naranjo, E. J., Dirzo, R. (2009). Impacto de los factores antropogénicos de afectación directa a las poblaciones silvestres de flora y fauna. In: Capital natural de México (Eds.). *Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 247-276). México: Conabio
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (1990). *Official Methods of Analysis of the AOAC*. Arlington,USA: Association of Official Analytical Chemists Inc. 1298p.
- Pernés, J. (1983). La genética de la domesticación de los cereales. *Mundo Científico*, 29, 964-974.
- Rapoport, E. H., Ladio, A., Raffaele, E., Ghermandi, L. y Sanz, E. H. (1998). Malezas comestibles. Hay yuyos y yuyos. *Asociación Ciencia Hoy*, 9(49), 1-17
- Reyes, T. B., Guerra, R. D., Cuevas, S. J. A., Vázquez, P. V., Reyes, L. J. y Reyes, C. A. (2013). Obtención del aceite de semillas de mala mujer (*Cnidoscolus multilobus*) y su transformación a biodiesel. In: Pérez, V. A. y García, P. E. (Eds.), *Energía Alterna y Biocombustible: Innovación e investigación para un desarrollo sustentable* (pp. 224). Montecillo, Texcoco, Estado de México, Colegio de Postgraduados de Ciencias Agrícolas.
- Ross, I. J. & Molina, C. A. (2002). The Ethnobotany of Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* spp. *aconitifolius* Breckon): A Nutritious Maya Vegetable. *Economic Botany*, 56(4), 350–365

- Rzedowsky, J. (1991). Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*, 14, 3- 21.
- Santos, J. C. O., Dantas, J. P., Medeiros, C. A., Athaíde, F. P. Conceição M. M., Santos Jr. J. R. & Souza, A. G. (2005). Thermal analysis in sustainable development: Thermoanalytical study of faveleira seeds (*Cnidoscopus quercifolius*). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 79, 271–275
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente, B. J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S. y De la Maza, J. (2009). Capital Natural de México: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de Sustentabilidad. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, 4, 100p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-059. Protección ambiental - Especies nativas de México de flora y fauna silvestres - Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio - Lista de especies en riesgo. Consultado en: http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/435/1/NOM_059_SEMARNAT_2010.pdf
- Skoog, D. A., Holler, F. J. y Nieman, T. A. (2003). *Principios de análisis instrumental*. Madrid, España: McGraw Hill/Interamericana de España, S.A.U., 1028 p.
- Spores, R. (1984). *Mixtecs in Ancient and Colonial Times*. Norman: University of Oklahoma Press. 254p.
- Téllez, V. O., Reyes, C. M., Dávila, A. P., Gutiérrez, G. K., Téllez, P. O., Álvarez, E. R., González, R. A., Rosas, R. I., Ayala, R. M., Hernández, M. M., Murguía, R. M. y Guzmán, C. U. (2002). Las plantas del valle de Tehuacán-Cuicatlán, Guía Ecoturística. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 1-44
- Steinmann, V. W. (2002). Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana*, 61, 61-93.
- Toledo, V. M. y Barrera-Bassols N. (2009). *La memoria biocultural. la importancia ecológica de las sabidurías tradicionales*. Barcelona, España: Icaria, 229p.
- Toledo, V. M. (2012). Diez tesis sobre la crisis de la modernidad. *Polis, Revista de la Universidad Bolivariana*, 11(33), 283-290.
- Villaseñor, J. L. (2004). Los géneros de las plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 105-135

3. CARACTERIZACIÓN MORFOLÓGICA DE CINTIÁHUA (*Cnidoscolus* spp.) EN ACAQUIZAPAN, OAXACA

RESUMEN

En la región de la Mixteca baja Oaxaqueña existen unas plantas que se conocen como cintiáhua o piñón, sin embargo el conocimiento que se tiene sobre ella es poco conocido a pesar del potencial de aprovechamiento que tienen. En ese sentido, con el fin de contribuir en el conocimiento de las plantas de cintiáhua se llevó a cabo la caracterización morfológica de las mismas, en la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca. Se realizaron mediciones de caracteres morfológicos, como: presencia de tricomas en planta y fruto, número de flores, largo, ancho y peso de semillas entre otros. De tal manera que se identificó a *Cnidoscolus rostratus* ssp. *glabra* y *Cnidoscolus rostratus* ssp. *rostratus*. Diferenciadas por la presencia de tricomas urticantes en los frutos y grado de manejo tolerada y fomentada.

Palabras clave: Subespecies, móvil de domesticación, Acaquizapan, biodiversidad.

MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF CINTIAHUA (*Cnidoscolus* spp.) IN ACAQUIZAPAN, OAXACA

ABSTRACT

In the low Mixteca region of Oaxaca, exist some plants that are known like cintiahua or pinion, nevertheless the knowledge that has on it is little known in spite of the potential of exploitation that they have. In that sense, in order to contribute to the knowledge of cintiáhua plants, the morphological characterization of the plants was carried out in the community of Acaquizapan, Oaxaca. Morphological characters were measured, such as the presence of trichomes in plant and fruit, number of flowers, length, width and weight of seeds among others. In such a way that *Cnidoscolus rostratus* ssp. *glabra* and *Cnidoscolus rostratus* ssp. *rostratus*. Differentiated by the presence of stinging trichomes in the fruits and degree of management tolerated and encouraged.

Key words: Subspecies, mobile domestication, Acaquizapan, biodiversity.

3.1 INTRODUCCIÓN

Se sabe que México es un país megadiverso, según estadísticas señalan más de 30 mil especies de plantas vasculares (Villaseñor, 2004). Este almacén de diversidad nos proporciona también los recursos genéticos que utilizamos para cubrir nuestras necesidades de alimentación y otras necesidades vitales, además de que confiere la capacidad de adaptación del mismo planeta (Esquinas-Alcázar, 2005). En ese sentido, se conoce que varias son las condiciones que conducen a la variabilidad, entre ellas, la evolutiva que se refiere a la variabilidad producida durante los procesos de especiación por los que haya pasado una especie, principalmente durante las etapas de aislamiento reproductivo, así como a la dinámica que la especie ha tenido y sigue teniendo en condiciones naturales. La geográfica que puede ser, dispersión natural o con la ayuda del hombre y la domesticación, la cual a partir de presión de selección ejercida por el ser humano, ha conducido a la conservación de variantes de especies (Franco *et al.*, 2003).

Sin embargo, pocos son los estudios dedicados al estudio de diversidad en comunidades donde se lleva a cabo la selección bajo domesticación de poblaciones vegetales. En el caso del género *Cnidoscolus*, algunos estudios reportan como útiles algunas de sus especies en diferentes regiones de México (Téllez *et al.*, 2002, León *et al.*, 1999, Ross & Molina, 2002). Una de ellas, es en la región baja de la mixteca Oaxaqueña, donde los pobladores de la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca utilizan las semillas de algunas especies como alimento humano. (Granados *et al.*, 2004).

Por tal razón, el objetivo de este trabajo de investigación fue caracterizar morfológicamente las plantas conocidas como cintiáhua o piñón en la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca.

3.2 MATERIALES Y MÉTODOS

3.2.1 Sitio de estudio y material vegetal

La zona de estudio se ubicó en una parcela cuyas coordenadas se muestran en la Figura 2, en la comunidad de Acaquizapan, municipio de Santiago Chazumba, Distrito de Huajuapán de León, Oaxaca, durante los meses de Noviembre del 2015 y Julio 2016. La superficie mostrada fue de 200 m² con una cantidad de 30 plantas de cintiáhua, en la que se colectaron semillas y ejemplares para herbario.

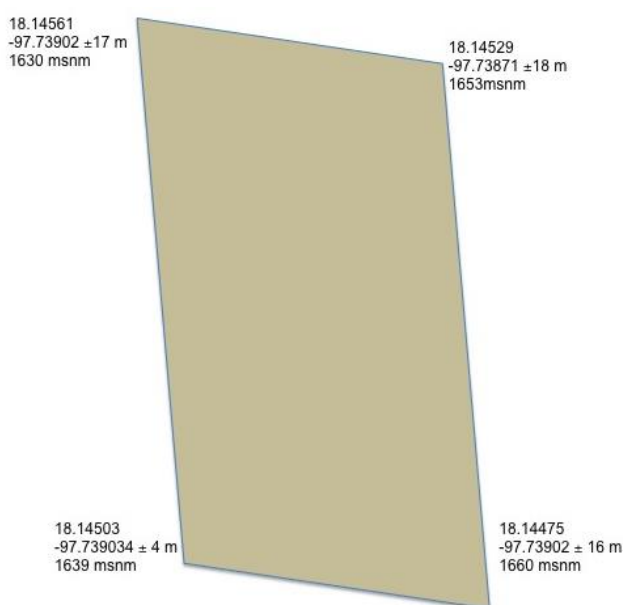


Figura 2. Coordenadas de la parcela de estudio en la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca

3.2.2 Acondicionamiento de ejemplares para herbario

Los ejemplares de las especies de interés en el presente estudio, fueron colectados y herborizados en la secadora del herbario Hortorio *Jorge Espinosa Salas* ("JES"), del área de Biología del Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo (UACH), por cuatro días, después se elaboraron las etiquetas temporales de datos de los ejemplares y posteriormente se llevaron al Herbario Nacional (MEXU), del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México, pasando por fumigación previa para la identificación de las especies.

Una vez identificados los ejemplares de *Cnidoscolus*, se depositaron en el herbario MEXU y en el herbario Hortorio *Jorge Espinosa Salas* ("JES") del área de Biología del Departamento de Preparatoria Agrícola de la UACH, en éste se capturaron las etiquetas formales, se realizó el montaje, encamisado, registro e intercalado de los ejemplares.

3.2.3 Caracterización morfológica

La caracterización morfológica se realizó con los siguientes caracteres:

Pubescencia del tallo (PT), pubescencia de fruto (PF), frutos rostrados (FR), presencia de carúncula (PC), número de inflorescencias (NI), número de flores por inflorescencia (FI), largo de pedúnculo floral (LPF), largo de semilla (LS), ancho de semilla (AS), grosor de semilla (GS), peso de semilla (PS).

Tales caracteres se compararon con revisión de ejemplares de herbario y con claves taxonómicas de Martínez-Gordillo *et al.* (2002) y Martínez-Gordillo *et al.* (2014), para hacer la identificación taxonómica correspondiente.

Además con la ayuda de la Maestra Rosalinda Medina Lemos (Técnico Académico Titular A del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México).

3.2.4 Análisis estadístico

Los resultados fueron expresados como el promedio de 15 plantas muestreadas tanto con espinas como sin espinas. Los datos se analizaron usando la prueba *t* de student ($p < 0.05$).

También se recolectaron datos atendiendo a un orden causal en el medio ecológico, los cuales fueron: Medio geológico, elevación a nivel del mar, clasificación climática, tipo de suelo y el tipo de vegetación asociada. Para tal efecto y con el propósito de comparar los datos obtenidos se realizó una revisión en los mapas del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México (2016).

También se obtuvo el tipo de vegetación de acuerdo a la clasificación para México propuesta por Miranda y Hernández (1963), así como los grupos y tipos climáticos de acuerdo con García (2004), y complementado con las bases de datos disponibles de climas, edafología y regiones biogeográficas de México, por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2016).

Además se consideraron los siguientes datos: época de floración, época de fructificación y de cosecha, así como usos y parte útil, para identificar la asociación cultural (características etnobotánicas), el grado de manejo y el aprovechamiento de las plantas en estudio.

3.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La identificación taxonómica que se realizó resultó en dos subespecies: *Cnidoscolus rostratus* Lundell ssp. *glabra* y *Cnidoscolus rostratus* Lundell ssp. *rostratus* (Figura 3). Diferenciadas entre ellas por la presencia y ausencia de tricomas urticantes en el fruto (datos observados en el Cuadro 2 y 3), al tomarse en cuenta el concepto de subespecie, el cual indica que posee al menos un carácter distinto a la especie.



Figura 3. Frutos de *Cnidoscolus rostratus* ssp. *glabra* (izquierda) y frutos de *Cnidoscolus rostratus* ssp. *rostratus* (derecha)

Cuadro 2. Caracteres morfológicos cualitativos de *C. rostratus* ssp. *rostratus* vs *C. rostratus* ssp. *glabra*

Caracteres	<i>C. rostratus</i> ssp. <i>glabra</i>	<i>C. rostratus</i> ssp. <i>rostratus</i>
Pubescencia de tallo	Presencia	Presencia
Pubescencia de fruto	Ausencia	Presencia
Frutos rostrados	Rostrados	Rostrados
Presencia de carúncula	Ausencia	Ausencia

Esto da un indicativo, de que actualmente se está llevando a cabo procesos de domesticación al considerarse como móvil de domesticación *in situ*. En donde, la mayor limitante para el aprovechamiento de estas especies es la presencia de espinas en toda la planta. Al respecto, es importante considerar que los recolectores, a lo largo de los años, han realizado presión de selección en caracteres como los tricomas urticantes en los frutos con el fin de facilitar la recolección al momento de la cosecha.

Cuadro 3. Caracteres morfológicos cuantitativos de *C. rostratus* ssp. *glabra* y *C. rostratus* ssp. *rostratus*

Caracteres	<i>C. rostratus</i> ssp. <i>glabra</i>	<i>C. rostratus</i> ssp. <i>rostratus</i>
Número de Inflorescencias	37 ± 12.667	34 ± 10.86
Número de flores por inflorescencia	10.7894 ± 1.93	18 ± 3.6783
Largo de pedúnculo floral (cm)	13.04 ± 2.71	12.755 ± 2.4653
Largo de semilla (cm)	2.3483 ± 2.0528	2.3515 ± 0.9524
Ancho de semilla (cm)	2.2725 ± 0.1080	2.2734 ± 0.1642
Grosor de semilla (cm)	2.2446 ± 0.1927	2.2461 ± 0.1097
Peso de semilla (g)	0.3395 ± 0.0089	0.3394 ± 0.1099



Figura 4. Frutos y semillas de *Cnidoscolus rostratus* ssp. *glabra*

De los ejemplares para herbario se resguardó uno en MEXU y en el herbario Hortorio *Jorge Espinosa Salas* ("JES") del área de Biología del Departamento de Preparatoria Agrícola de la Universidad Autónoma Chapingo, el cual ingresó con el siguiente número de registro: *Cnidoscolus rostratus* Lundell subsp. *rostratus* 25486 (Figura 5).



Figura 5. Ejemplar de *Cnidoscolus rostratus* Lundell, ssp. *rostratus*, resguardado en el Herbario Hortorio *Jorge Espinosa Salas*(JES) UACH

Por otro lado, las variables tomadas en cuenta atendiendo a un orden causal en el medio ecológico como medio geológico, elevación a nivel del mar, clasificación climática, tipo de suelo y el tipo vegetación asociada se muestran en la cuadro 4.

Cuadro 4. Características del medio ecológico en Acaquizapan, Oaxaca

Variable	Resultado
Tipo de roca	Precámbrico, rocas metafóricas.
Elevación (msnm)	1629 y 1721
Tipo de clima	<i>BS₁ (h') (i') m(w)</i> (Seco o árido. El menos seco de los secos (con un cociente P/T mayor a 22.9), con temperatura media anual sobre los 22 °C y temperatura del mes más frío sobre los 18 °C, con poca oscilación térmica y regimen de lluvias de verano.
Tipo de suelo	Litosol, Feozem, Rendzina
Tipo de vegetación y asociada	Selva baja caducifolia. Pitayas (<i>Stenocereus</i> spp.), Jiotillas (<i>Escontria chiotilla</i>), Xoconostle (<i>Opuntia</i> spp.), Mezquite (<i>Prosopis</i> spp.), Cuajilote (<i>Parmentia edulis</i>), Tempesquistle (<i>Sideroxilum palmeri</i> (Rose) Pennington), Huizache (<i>Acacia farnesiana</i>), palo dulce (<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.), tlahuitole (<i>Lysiloma microphyla</i> Benth), cubata (<i>Acacia cohliancantha</i> H. B. ex Willd.), tehuixtle (<i>Acacia bilimekii</i> Macbride)

Otros datos obtenidos en la observación de campo son los siguientes: La época de floración se presenta de mediados de Marzo a mediados de Junio, la fructificación es de mediados de Junio a mediados de Noviembre y la cosecha se practica de mediados de agosto a mediados de diciembre, datos similares a los que reporta Granados *et al.*, (2004), entre otros datos etnobotánicos que proporcionan información útil como primeras aproximaciones al estudio de estas especies en la comunidad de estudio (cuadro 5). En efecto, después de que esta planta era considerada como silvestre (Granados *et al.*, 2004), actualmente el grado de manejo según las observaciones anteriores en la comunidad, las plantas de cintiáhua es tolerada y hasta fomentada, por los recolectores de sus semillas, principalmente.

Cuadro 5. Características etnobotánicas de cintiáhua o piñón de la comunidad de Acaquizapan

Características etnobotánicas
Nombre local mixteco: <i>Cintiáhua</i>
Nombre local castellano: <i>Piñón</i>
Plantas con espinas y sin espinas
Uso medicinal: Para dolores de reumatismo (ramas y hojas)
Forma de uso medicinal: Se ramea en la zona de dolor
Uso alimenticio: Semillas Hervidas o crudas
Las culebras se comen la semilla del piñón

3.4 CONCLUSIONES

En la presente contribución en la caracterización morfológica, se identificaron a *C. rostratus* ssp. *rostratus* y *glabra*, localizadas en la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca, conocidas como cintiáhua o piñón, dicha contribución es una aproximación para ampliar el espectro de conocimiento y uso de especies del género *Cnidoscolus*.

Con estudios más extensos como análisis genéticos se podrá afirmar, si en efecto, se está hablando de dos subespecies con diferencias morfológicas de interés antropocéntrico, como móvil de domesticación, la presencia o ausencia de tricomas urticantes que exhiben un obstáculo para su mayor aprovechamiento.

3.5 LITERATURA CITADA

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). (2016). Provincias biogeográficas: Catálogo de metadatos geográficos. Consultado en http://www.conabio.gob.mx/informacion/metadatos/gis/rbiog4mgw.xml?_httpcache=yes&_xsl=/db/metadatos/xsl/fgdc_html.xsl&_indent=no
- Esquinas-Alcázar, J. (2005). Protecting crop, genetic diversity for food security: political, ethical and technical challenges. *Nature Reviews Genetics*, 6, 946-953
- Franco, T. L., y Hidalgo R. (2003). Análisis Estadístico de Datos de Caracterización Morfológica de Recursos Fitogenéticos. *Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos (IPGRI)*, 8, 89p.

- García, E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen para Adaptarlo a las Condiciones de la República Mexicana. Instituto de Geografía, *Universidad Nacional Autónoma de México*, 2, 246
- Granados, S. D., Hernández, G. M. A. y López, R. G. F. (2004). Estudio integral del valle de Tehuacán-Cuicatlán: recursos genéticos de plantas. *In*: Chávez, S. J. L., Tuxill, J. y Jarvis, D. I. (Eds.), *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales* (pp. 97-109). Cali, Colombia, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
- Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. 2016. Atlas de México 1990-1992. Consultado en: <http://www.igeograf.unam.mx/sigg/publicaciones/atlas/anm-1990-1992/anm-1990-1992.php>.
- León, L. J. L., Troyo, D. E., Ortega, N. M. M. & López, G. F. (1999). "Caribe" (*Cnidoscolus angustidens* Torr.), a promising oilseed geophyte from north-west Mexico. *Journal of Arid Environments*, 41, 299–308.
- Martínez-Gordillo, M., Jiménez-Ramírez, J., Cruz, D. R., Juárez, A. E., García, R., Cervantes, A., y Mejía, H. R. (2002). Los géneros de la familia Euphorbiaceae. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México, Serie Botánica* 73(2), 155-281
- Martínez-Gordillo, M., Fernández, C. F. J., Jiménez-Ramírez, J., Ginez-Vázquez y Vega-Flores. (2014). Flora del valle de Tehuacán-Cuicatlán. Euphorbiaceae Subfamilia Crotonoidae. *Universidad Autónoma de México*, 111, 1-84
- Miranda, F. y E. Hernández, X. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 28, 29-179.
- Ross, I. J. & Molina, C. A. (2002). The Ethnobotany of Chaya (*Cnidoscolus aconitifolius* spp. *aconitifolius* Breckon): A Nutritious Maya Vegetable. *Economic Botany*, 56(4), 350–365
- Téllez, V. O., Reyes, C. M., Dávila, A. P., Gutiérrez, G. K., Téllez, P. O., Álvarez, E. R., González, R. A., Rosas, R. I., Ayala, R. M., Hernández, M. M., Murguía, R. M. y Guzmán, C. U. (2002). Las plantas del valle de Tehuacán-Cuicatlán, Guía Ecoturística. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 1-44
- Villaseñor, J. L. (2004). Los géneros de las plantas vasculares de la flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75, 105-135

4. ETNOBOTÁNICA DE CINTIÁHUA (*Cnidoscolus* spp.) EN ACAQUIZAPAN, OAXACA EN RELACIÓN CON EL VALOR NUTRICIO DE LAS SEMILLAS

RESUMEN

En muchas comunidades de México mantienen conocimientos locales, entre ellos, el uso de semillas comestibles de plantas consideradas silvestres, que les permite a las personas de la comunidad tener alimento o en su caso, ingreso económico en diferentes épocas del año. En la región de la Mixteca baja de Oaxaca se encuentra la comunidad de Acaquizapan, donde se conoce que existen semillas comestibles a las que comúnmente llaman Cintiáhua (mixteco) o piñón (castellano) como la mayoría las conocen; pertenecen a *Cnidoscolus rostratus* ssp. *rostratus* y *glabra*; sin embargo ese conocimiento es poco difundido y no existen estudios científicos que describan y fundamenten tal uso. De tal manera que el objetivo del presente fue la descripción de las formas del proceso de aprovechamiento de las semillas de cintiáhua, así como la pertinencia de su uso como alimento al relacionarlo con análisis proximal de las semillas cocinadas y crudas, tanto de la almendra como de la cáscara. Se registró a cintiáhua con grado de manejo: silvestre tolerada y fomentada. Las semillas se consumen como alimento humano, principalmente hervidas con sal o crudas y las ramas y hojas con tricomas urticantes son utilizadas contra el reumatismo, sin embargo actualmente en la comunidad este conocimiento poco a poco se olvida. Las semillas poseen un porcentaje de proteínas de 26.34 % (semilla cocinada) y 27.37 % (semilla cruda), ambas base húmeda (BH); extracto etéreo de 54.01 % semilla cocinada y 48 % semilla cruda (ambas en BH), de cenizas 4.29 % y 4.42 % cocinada y cruda respectivamente (ambas en BH). Dichos valores manifiestan el valor alimenticio tradicional en Acaquizapan y el potencial de mayor difusión para su aprovechamiento. Además, la especie estudiada sigue siendo importante como complemento alimenticio humano, evidenciando probable domesticación en la subespecie *glabra*, la cual, al carecer de espinas en sus frutos facilita tanto su recolecta como la extracción de las semillas.

Palabras clave: Conocimiento tradicional, aprovechamiento, alimento, *Cnidoscolus*

ETHNOBOTANY OF CINTIAHUA (*Cnidoscolus* spp.) IN ACAQUIZAPAN, OAXACA IN RELATION WITH THE NUTRACEUTICAL VALUE OF SEED

ABSTRACT

Many communities of Mexico maintain local knowledge about, including the use of edible seeds for human consumption. One of these is *Cnidoscolus rostratus* which allows people of Acaquizapan, Mixtec community have food or possibly income at different times of the year. In the region of Mixtec low of Oaxaca is the community of Acaquizapan, where it is known that there are edible seeds that commonly call Cintiahua (Mixteco) or pinion (Castilian) as most know them; belong to *Cnidoscolus rostratus* ssp. *rostratus* and *glabra*. However, this knowledge is little spread and there are no scientific studies that describe and justify such use. Thus, the objective of the present study was to record and systematize the process of harvesting the seeds of cintiahua, when related to the proximal analysis of cooked and raw seeds, both almond and shell. It was recorded to cintiahua with degree of management: wild tolerated and fomented. The seeds are consumed as human food, mainly boiled with salt or raw and the branches and leaves with stinging trichomes are used against rheumatism, however in the community this knowledge is gradually forgotten. The seeds have a protein percentage of 26.34 % (cooked seed) and 27.37 % (raw seed), both wet basis (BH); Ethereal extract of 54.01% cooked seed and 48 % crude seed (both in BH), of 4.29 % and 4.42 % respectively cooked and raw ashes (both in BH). These values manifest the traditional nutritional value in Acaquizapan and the potential of greater diffusion for its use. In addition, the species studied remains important as a human food supplement, evidencing probable domestication in the subspecies *glabra*, which, lacking thorns in its fruits facilitates both its collection and the extraction of seeds.

Keywords: Traditional knowledge, achievement, nutritional value, food, *Cnidoscolus* spp.

4.1 INTRODUCCIÓN

La relación humana con la naturaleza ha estado estrechamente ligada desde tiempos antiguos, de dicha relación han surgido una gran cantidad de recursos vegetales que se han aprovechado. Actualmente poco más de cien especies son utilizadas en la agricultura (FAO, 2015). Sin embargo, existen muchas poblaciones vegetales, principalmente silvestres, que no han tenido la atención de investigadores a pesar del aprovechamiento que las poblaciones indígenas o campesinas realizan; resguardando ese conocimiento generación tras generación.

Tal es el caso del género *Cnidoscolus* Pohl, del cual, la mayoría de las especies, fuera de los trabajos taxonómicos son poco conocidas, como es el caso del registro del aprovechamiento de algunas especies o el valor nutricional que pueden tener las semillas de las mismas.

Existe la paradoja de que algunas plantas útiles que en ciertos lugares se les combate con herbicidas, en otros se las recolecta como alimento, y se le ha llegado a bautizar como “buenezas” (González *et al.*, 2003), lo contrario a maleza. Como las llamadas comúnmente piñón o cintiahua en mixteco. Son consideradas plantas silvestres de recolección donde su uso es sólo conocido por los pobladores de la mixteca Poblana–Oaxaqueña y valle de Tehuacán–Cuicatlán. Granados *et al.* (2004), mencionan que se consumían especialmente como botana, las semillas se hervían con sal; este producto se llevaba a los mercados y se usaba principalmente en trueques para intercambio por diversos bienes.

Múltiples estudios revelan la calidad nutricional de diversas semillas comestibles (Jímenez *et al.*, 2013; Ruíz *et al.*, 2013; Araneda *et al.*, 2016), sin embargo varias de estas semillas no son accesibles para muchas comunidades rurales

en México, quizá principalmente por el elevado valor económico en el mercado. Debido a lo anterior, el consumo de semillas silvestres de recolección es de suma importancia, en muchos casos como fuente de recursos económicos, mejorando así la calidad de vida de las poblaciones que las aprovechan.

Algunas características físico químicas de las semillas de *C. pyllacanthus* (Cavalcanti *et al.*, 2009) y *C. angustidens* (León *et al.*, 1999) han sido evaluadas demostrando la importancia de su consumo en relación con el valor nutritivo y el potencial como alternativas de alimento y hasta cultivo.

Se considera que cintiáhua puede tener características nutricias útiles como complemento en la dieta de las personas en la comunidad de estudio que permita difundir su aprovechamiento no sólo de las familias locales, sino a nivel regional o incluso nacional.

De tal manera que el objetivo del presente fue la descripción de las formas de aprovechamiento de las semillas de cintiáhua, así como la pertinencia de su uso como alimento.

4.2 MATERIALES Y MÉTODOS

4.2.1 Descripción del sitio de estudio

La comunidad de estudio fue un pequeño pueblo Indígena mixteco situado en la región baja de la mixteca Oaxaqueña, llamado Acaquizapan. Se encuentra al lado norte del distrito de Huajuapán de León, Municipio de Santiago Chazumba, con coordenadas de Latitud: 18.1439 N; Longitud: -97.73226 W +-13 m. y 1742 msnm en el centro de la comunidad.

4.2.2 Colecta de material

La colecta de semillas se realizó en el mes de noviembre del año 2015, con la ayuda de las personas recolectoras de la comunidad. Se cortaron los racimos

de frutos que mostraban madurez, es decir un color café y con una pequeña apertura del mesocarpo. Se cosecharon manualmente con la ayuda de un palo o rama con gancho muy parecido al utensilio llamado “chicole” que se ocupa para la cosecha de pitayas y pitahayas.

La colecta se llevó a cabo a través de un muestreo de las poblaciones encontradas de la especie de interés.

4.2.3 Registro y sistematización de los aspectos culturales de las formas de aprovechamiento (comestible) de semillas de cintiáhua

Se llevó a cabo el registro y sistematización de los aspectos culturales de las formas de aprovechamiento comestible de las semillas de *Cintiáhua*, a través de la observación participativa con pobladores de Acaquizapan, especialmente con las personas recolectoras, elucidando las funciones involucradas en el manejo y aprovechamiento, a partir de las experiencias indicadas por Hernández (1971).

4.2.4 Análisis proximal

Se realizó el análisis proximal para determinar características del valor nutritivo de las semillas, según los procedimientos analíticos indicados por Sosa (1979) y la AOAC (1990). Se determinó porcentaje de proteína cruda, materia seca, cenizas, fibra cruda, humedad, extracto libre de nitrógeno y aceite.

Obtención y preparación de la muestra

Una vez que se obtuvo la semilla de las colectas, se procedió a acondicionarlas de acuerdo al modo de consumo como alimento en Acaquizapan. Una muestra fue cruda, a la cual se les retiró la testa a las semillas y se extrajo la almendra con la ayuda de un bisturí. Por otro lado, una muestra de semilla se hirvió previamente hasta el punto en que la testa se retiraba sin esfuerzo y sólo queda la almendra. Ambas fueron trituradas manualmente.

Determinación de contenido de agua y materia seca.

Se pesó una muestra de almendra trirurada cruda y cocinada en una charola forrada de polietileno de mediano grosor, posteriormente se llevó a la estufa a 50-55 °C hasta obtener peso constante. La determinación se realizó por triplicado y se calculó de la siguiente manera.

$$\text{Porcentaje de humedad parcial (PHP)} = \frac{\text{Pérdida de peso en gramos}}{\text{gramos de muestra}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Porcentaje de materia seca parcial} = 100 - \text{PHP} \quad (2)$$

Para obtener la materia seca total; en cajas de aluminio perfectamente lavadas con agua y detergente enjuagadas con agua destilada y éter se colocaron a secar a 100 -105 °C hasta peso constante (aproximadamente 4 horas). Se pesó 1 g de muestra y se llevó a secar en la estufa de 100 a 105 °C hasta peso constante (4 horas aproximadamente). Posterior a ese tiempo se retiró la caja de la estufa y se dejó enfriar en el desecador y se registró el peso obtenido. La determinación se realizó por triplicado y se calculó con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Porcentaje de humedad total} = \frac{\text{Pérdida de peso en gramos}}{\text{gramos de muestra}} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Porcentaje de materia seca total} = 100 - \text{porcentaje humedad total} \quad (4)$$

Extracto etéreo

Se pesó 1 g de muestra previamente secada a peso constante y se depositó dentro de un dedal, el cual se colocó en el aparato de extracción Goldsich. Mientras, en el vaso de extracción se colocó 30 ml de éter dietílico anhidro y se llevó a extracción por seis horas. Una vez transcurrido este tiempo se desmontó y se destiló el éter que se encontraba en el vaso de extracción. Se limpió el exterior del vaso y se introdujo a una estufa a 100 °C durante 30 minutos, se enfrió en el desecador y se pesó. La determinación de cada muestra se realizó por triplicado y se convirtieron los resultados a base húmeda (Sosa, 1979).

$$\text{Porcentaje de extracto etéreo base seca} = \frac{\text{gramos de extracto etéreo}}{\text{gramos de muestra seca}} \times 100 \quad (5)$$

Determinación de Fibra cruda

Se pesó 0.3 g del residuo proveniente de la determinación de extracto etéreo y se le adicionó 200 ml de solución de ácido sulfúrico 0.255 N a 80 °C. Inmediatamente se conectó el vaso al digestor de fibra cruda con las parillas previamente calentadas.

Se hirvió vigorosamente durante 30 minutos exactamente, agitando ocasionalmente. Se filtró con vacío en el embudo Buchner. Se lavó con agua hirviente hasta que no dió reacción ácida con anaranjado de metilo. El residuo contenido en el embudo usando la solución de NaOH 0.313 N a 80 °C contenida en una piseta se transfirió al vaso Berzelius. Cuando la mayor parte del residuo fue eliminado del embudo, se retiró el filtro de tela con las pinzas y se terminó de bajar todas las partículas sólidas con la solución de NaOH 0.313 N a 80 °C. Se lavó el embudo con la misma solución hasta un volumen de 200 ml. Se colocó a reflujo por 30 min y se transfirió el contenido a un crisol de vidrio; se permitió la decantación libre antes de aplicar vacío. Se lavó con agua a punto de ebullición desprendiendo los residuos de muestra que contenían la pared del vaso, hasta que no se observara reacción alcalina con fenolftaleína (primero se adicionó el agua, se permitió la decantación y después se aplicó vacío). Se secó a 110 °C durante toda una noche, posteriormente se enfrió en el desecador y se pesó. Se incineró entre 550 y 550 °C, se volvió a enfriar en el desecador y se pesó. Todo se realizó por triplicado y los resultados se convirtieron a base seca y húmeda a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de fibra cruda} = \frac{\text{gramos de fibra**}}{\text{BSD*gramos de muestra seca y desgrasada}} \times 100 \quad (6)$$

* Base seca y desengrasada

**Los gramos de fibra se obtiene restando del peso del crisol con el residuo seco, y el peso del crisol con las cenizas.

Determinación de Nitrogeno Total (Método Macroheldahl)

Se pesó 0.3 g de muestra, se le adicionó 10 g de mezcla catalizadora y 25 ml de HCl 0.1 N, se colocó a calentar hasta que la solución adquirió la coloración transparente, se dejó enfriar y se le adicionó 250 ml de agua destilada dejándolo enfriar nuevamente a menos de 25 °C. Por otro lado se colocó 65 ml de ácido bórico con 2 gotas de solución indicadora en un matraz Erlenmeyer de 500 ml colocándolo bajo el refrigerante del destilador con el tubo colector ligeramente sumergido dentro de la solución de ácido bórico. Se le adicionó 100 ml de solución de hidróxido de sodio 28.6 %. Se colocó nuevamente a calentamiento y se destiló hasta que se recolectó 250 ml. Se tituló el destilado con una solución valorada de ácido clorhídrico 0.1 N, hasta la primera aparición de un color violeta tenue. La determinación de cada muestra se realizó por triplicado, los resultados se calcularon con la siguiente ecuación y se convirtieron a base seca:

$$\text{Porcentaje de Nitrogeno} = \frac{\text{meq de HCl gastado} \times 0.014 \times 100}{\text{gramos de muestra}} \quad (7)$$

Estimación de proteína cruda partir de contenido de nitrógeno

Una vez obtenido el porcentaje de nitrógeno total, se estima el porcentaje de proteína cruda, el cual se obtiene a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de proteina cruda BH} = \text{Porcentaje de nitrogeno BH} \times 6.25 \quad (8)$$

$$\text{Porcentaje de proteina cruda BS} = \text{Porcentaje de nitrogeno BS} \times 6.25 \quad (9)$$

Determinación de Cenizas Totales y Materia orgánica

Se pesó 1 g de muestra y se incineró entre 550 y 600 °C durante 2 horas, se enfrió en el desecador y se pesó. Cada muestra se realizó por triplicado y los resultados se convierten a base seca, y se calculó con la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de cenizas BH} = \frac{\text{Pérdida de peso en gramos}}{\text{gramos de muestra}} \times 100 \quad (10)$$

$$\text{Porcentaje de materia orgánica BH} = \% \text{ de materia seca} - \% \text{ de cenizas} \quad (11)$$

Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)

Esta determinación se obtiene como la resultante de restar a 100 los porcentos calculados para cada nutriente, los errores cometidos en su respectiva evaluación repercutirán en el cómputo final.

Su determinación se calculó a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Extracto libre de Nitrógeno (\%)} = 100 - (A + B + C + D + E) \quad (12)$$

Donde:

A = Contenido de humedad (%)

B = Contenido de proteína cruda (%)

C = Contenido de lípidos crudos (%)

D = Contenido de fibra cruda (%)

E = Contenido de ceniza (%)

4.2 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El uso de estas plantas como alimento en la comunidad de Acaquizapan, ha sido desarrollado y transmitido de generación tras generación, del cual poco se conoce a pesar de que forma parte del proceso de alimentación en esta región. En otras regiones de México las especies de *Cnidoscolus* son consideradas como malezas, sin embargo en Acaquizapan, de acuerdo a la percepción que se observó debido a su uso, por parte de los pobladores, se consideran en tres estatus de grado de manejo: silvestres, tolerada y/o fomentadas, utilizan sus semillas como alimento y también son útiles como cerco vivo, debido a su funcionalidad para evitar el paso de animales e incluso a personas, gracias a que posee tricomas demasiado urticantes. Además de otro importante uso como medicinal, el cual señalan los pobladores, como remedio contra el reumatismo y la artritis, muy similar a lo reportado por Téllez *et al.* (2002). La

forma de uso como medicinal es ramear a la persona en la zona del cuerpo donde se percibe dolor con las ramas y hojas. También Téllez *et al.* (2002) y Granados *et al.* (2004) reportan para especies de *Cnidoscolus* en la región de Tehuacán-Cuicatlán que se utiliza como medicina contra daños ocasionados por animales ponzoñosos y su látex como cuajo natural para hacer quesos y requesones, sin embargo, en la comunidad este conocimiento poco a poco se olvida y no se trasmite a las nuevas generaciones.

De tal manera que el aprovechamiento de las especies conocidas como cintiáhua en mixteco, o piñón en castellano, involucra varios usos. Aquí se describe la forma de aprovechamiento de las semillas como alimento, ya que es usada con mayor frecuencia y con alto potencial para su amplio desarrollo como alternativa de alimento.

4.2.1 Registro y sistematización de las formas de aprovechamiento

Primeramente se realiza la recolección de las semillas como primer paso para el aprovechamiento; el cual data desde tiempos antiguos, donde los primeros pobladores comenzaron a percibir como recurso a las plantas (Cuevas, 2008). Granados *et al.*, (2004), menciona que especies de *Cnidoscolus* en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán son consideradas como plantas silvestres de recolección en hábitats primarios no perturbados por las actividades humanas y de los cuales se obtienen directamente las partes útiles. Así, los recolectores de piñón en Acaquizapan cosechan los racimos de frutos que muestran madurez, es decir un color café y con una pequeña apertura del mesocarpo; puede ser manualmente o con la ayuda de un palo o rama con gancho, muy parecido al utensilio llamado “chicole” que se ocupa para la cosecha de pitayas y pitahayas, para evitar ser lastimado por los tricomas urticantes de las plantas (Figura 6).



Figura 6. Cosecha de jotilla (*Escontria Chiotilla*) utilizando el utensilio llamado "Chicole"

Posteriormente se realiza la limpieza y selección del material que servirá como alimento. La limpieza se realiza manual, se pelan los frutos retirándoles la cascará o epicarpo, se separan las semillas que se observa están en buen estado y tienen buen llenado, y se guardan para su posterior uso. Esta actividad de recolección, limpieza y selección es mayormente hecha por las mujeres de la comunidad, debido a que su participación en las actividades agrícolas y de pastoreo es más frecuente, como lo indican cifras de la encuesta Nacional Agropecuaria (INEGI, 2015).



Figura 7. Recolección, limpieza y selección de semillas de cintiáhua que serán utilizadas como alimento.

4.5.2 Transformación del alimento

El proceso de la obtención del alimento a partir de la semilla de cintiáhua se desarrolla en varios pasos y es también efectuado por las mujeres de la comunidad.

Previamente se colocan las semillas a remojo para que se ablande por una o dos horas, mientras tanto se prepara el fuego en el fogón, la leña ocupada como combustible es de las especies de árboles de la región: mezquite (*Prosopis julliflora* Swartz D:C.), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*) tlahuitole (*Lysiloma microphyla* Benth), cubata (*Acacia cohliancantha* H. El B ex Willd.), tehuixtle (*Acacia bilimekii* Macbride). El fuego, como en otras comunidades del país, es parte fundamental del proceso, considerado, por poco como “ritual” en la elaboración del alimento, es la energía central y esencial (Johansson, 2007), relacionada con la cosmovisión ancestral, que involucra los factores planta, fuego, tierra, agua, aire.

Se ocupa una cantidad de semillas según la que se quiera consumir y se coloca a hervir con la cantidad de agua necesaria según lo que percibe la persona que está preparando el alimento. Para fines de esta investigación se pesaron 500 g de semilla de cintiáhua y se ocupó para hervirlas dos litros de agua. Se realizó como se describe a continuación:

Previamente se coloca a hervir los 2 litros de agua y se le agregan las semillas, con 4 puños de sal (equivalente aproximadamente a 36 g de sal) se prueba y debe de tener un sabor salado, el recipiente se tapa hasta punto de ebullición. Si se nota que falta agua, se puede agregar según la subjetividad de cada persona.

Se deja hervir hasta que la semilla torne un color negro y el agua color café oscuro. Además es de mencionar que la sal no penetra la testa de la semilla, la almendra sólo se cocina y la testa es la que tendrá sabor salado. La sal es un

generador del apetito y estimula la ingesta, esto es quizá una de las razones por las que se aplica sal, además de que también es empleada para curtir pieles, debido a las características de la sal ablanda y es conservador de las pieles, similar a lo que sucede en la testa de la semilla, la ablanda y permite por mayor tiempo su conservación después de cocinada.

Posteriormente se deja enfriar y queda lista para consumirse. Una vez hervida la semilla se obtuvo un peso de 607.4 g, es decir, 107.4 g que se le atribuye a el agua absorbida por las semillas.

Algunas personas que hacen la preparación del alimento indican que se puede dejar hervir por dos horas y se deja reposar toda una noche y muy de mañana se enciende de nuevo el fuego y se deja hervir por una hora más, de esta manera se puede consumir más fácilmente.



Figura 8. Semillas de cintiáhua cruda (izquierda) y cocinada (derecha)

4.2.3 Consumo de las semillas como alimento

La semilla como alimento tiene tanto valor de uso como valor de cambio. Se consume cocinada, o cruda, este último cuando las personas realizan sus trabajos en el campo o la recolectan. Hace algunos años principalmente se preparaba la semilla para autoconsumo, la mayoría de las familias recolectaban y lo preparaban en sus hogares. Actualmente pocas son las personas que se dedican a recolectar las semillas de esta planta urticante, y más que para autoconsumo, se vende local y regionalmente, esto debido a que se ven en la

necesidad de generar recurso económico para suplir las necesidades que actualmente demanda la “modernidad” (Toledo y Bassols, 2009). Observaciones similares a lo reportado por Granados *et al.* (2004), el cual menciona que en el valle de Tehuacán - Cuicatlán las semillas de *Cnidoscolus* spp. se consumían como botana hervidas con sal y ese producto se llevaba a los mercados y se usaba principalmente en trueques para intercambio por diversos bienes.

La venta local, se refiere a la venta con las personas de la misma comunidad, principalmente con las familias de las personas que ya no viven en la comunidad y solo van de visita. Y regionalmente, en el mercado de Chazumba, que es la cabecera municipal.

Los precios en los que se comercializa varían desde \$ 5.00, \$10.00 y \$20.00 pesos según la medida, las cuales son: 40 g, 70 g y 100 g, respectivamente, en algunos casos varía en unos gramos, cuando dan el “pilon”, que corresponde aproximadamente a 10 g más de semillas.

También se comercializa por “litros” tanto cocida como cruda, que equivale a 800 g de semilla y a un precio que oscila entre \$ 90.00 a \$ 120.00 pesos mexicanos.

A pesar del aprovechamiento que se le da a estas plantas resulta preocupante la pérdida del conocimiento por parte de las nuevas generaciones. Kuhnlein y Receveur (1996), mencionan la pérdida de los conocimientos en la adquisición, producción, transformación, conservación y uso de los alimentos y de las costumbres y tradiciones asociadas al conjunto de recursos naturales utilizados en la cultura alimentaria, lo que contribuye a delimitar aún más el aprovechamiento y diversidad de especies con potencial alimentario, y el continuo establecimiento de factores que fomenten la diversidad cultural

relacionada a estos recursos, así lograr mantener el patrimonio cultural del cual, México es actor importante.

Nuestros antepasados, a partir del conocimiento ecológico, desarrollaron diferentes sistemas para discernir entre los recursos que les servían como alimentos y a los que tenían acceso. A partir de lo cual lograron domesticar recursos vegetales al contribuir en algunos casos en mejorar la calidad nutricia de los alimentos.

Múltiples estudios revelan la calidad nutricia de diversas semillas comestibles (Jímenez *et al.*, 2013; Ruíz *et al.*, 2013 y Araneda *et al.*, 2016) extraídas de especies silvestres. Análisis realizados, como los primeros para especies de *Cnidoscolus*, sobre algunas características de las semillas, en la región semiárida de Baja California con *Cnidoscolus angustidens*, muestran un alto contenido de proteína cruda y de aceites, además, reportan estudio etnobotánico que manifiesta el uso de semillas como alimento, consumidas ligeramente tostadas; conocidas comunmente como “Caribe” o mala mujer (León *et al.*, 1999); en contraste con las semillas de cintiáhua, las cuales presentan menor porcentaje de proteínas, tanto en la semilla cocinada (Cuadro 7) como cruda (Cuadro 8), quizá esto debido a que *C. angustidens* presenta raíz tuberosa, lo que le permite tener más nutrientes de reservas para la etapa de floración y fructificación, por encontrarse en zonas de estrés para la planta (León *et al.*, 1999). Por el contrario, el porcentaje de aceite extraído de semillas de *C. angustidens* por método soxhelt, es menor al obtenido por la determinación de extracto etéreo en semillas de cintiáhua ya que éste último puede contener grasa y aceites, pero también puede haber cualquier compuesto que pertenezcan a los lípidos ya sea que posean o no valor nutritivo (Sosa, 1979).

Las semillas de cintiáhua cruda presenta 26.37 % de proteína, 48.83 % de lípidos y 4.42 % de ceniza en base húmeda (cuadro 8); en comparación con semillas de *C. phyllacanthus*, especie del norte de Brasil comunmente llamada

“faveleira”, mencionan que presentan mayor contenido de proteínas y cenizas, que los obtenidos en cintiáhua, mientras que los porcentajes de humedad y lípidos en *C. phyllacanthus* son menores a los porcentajes obtenidos en semilla de cintiáhua (Cuadro 6). Esto puede deberse a diversas variables, por ejemplo el lugar de procedencia, manejo poscosecha, almacenamiento, entre otros (Cavalcanti *et al.*, 2009).

Adicionalmente, si comparamos los valores obtenidos de porcentaje en cenizas, proteínas y grasas en semillas de cintiáhua con otras semillas comercialmente conocidas, por ejemplo de linaza o chía (Jímenez *et al.*, 2013) estas últimas muestran menor porcentaje en las variables mencionadas (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comparación de composición química de semillas

	<i>C. angustidens</i> (%)	<i>C. phyllacanthus</i> con espinas (%)	<i>Cnidoscolus rostratus</i> cruda (%)	<i>Salvia hispánica</i> (%)	<i>Linum usitatissimum</i> (%)
Humedad	-	4.27	4.69	6.2	7.2
Ceniza	-	5.45	4.42	4.5	3.1
Proteína	30-36	33	26.37	19.9	19.9
Lípidos	26	40.56	48.83	27.9	37.4

Cuadro 7. Análisis proximal de semilla hervida de cintiáhua (sin testa)

	Base Húmeda (%)	Base Seca (%)	Base Tal como se Ofrece (%)
Humedad (H)	2.16	0.00	15.72
Materia Seca (MS), (50%)	97.84	100	84.28
Cenizas (Cen)	4.29	4.38	3.69
Materia Orgánica (MO)	93.55	95.62	80.59
Proteína Cruda (PC)	26.34	26.92	22.69
Extracto Etéreo (EE)	54.01	55.20	46.52
Fibra Cruda (FC)	3.12	3.19	2.69
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	10.09	10.31	8.69

Cuadro 8. Análisis proximal de semilla cruda de cintiáhua (sin testa)

	Base Húmeda (%)	Base Seca (%)	Base Tal como se Ofrece (%)
Humedad (H)	4.69	0.00	4.69
Materia Seca (MS), 5	95.31	100	95.31
Cenizas (Cen)	4.42	4.64	4.42
Materia Orgánica (MO)	90.88	95.36	90.88
Proteína Cruda (PC)	26.37	27.66	26.37
Extracto Etéreo (EE)	48.83	51.24	48.83
Fibra Cruda (FC)	3.69	3.88	3.69
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	11.99	12.58	11.99

El análisis proximal de la testa de semillas de cintiáhua cocinadas y crudas mostró valores que pueden ser considerados para la utilización en la elaboración de complementos de harinas para animales, para la elaboración de compostas, por ejemplo, o alguna otra alternativa agroindustrial, ya que si se utiliza la almendra como alimento, la testa resultará un subproducto que también puede ser aprovechado, sin embargo, el bajo contenido de proteínas y extracto etéreo resulta en escaso valor nutritivo, pero hay que considerar expresar el contenido de cenizas en el cual puede evidenciar elementos minerales importantes. (Cuadro 9 y 10).

Cuadro 9. Análisis proximal de la testa de la semilla hervida de cintiáhua

	Base Húmeda (%)	Base Seca (%)	Base Tal como se Ofrece (%)
Humedad (H)	2.53	0.00	16.42
Materia Seca (MS), 5	97.47	100	83.58
Cenizas (Cen)	1.31	1.35	1.13
Materia Orgánica (MO)	96.16	98.65	82.45
Proteína Cruda (PC)	3.40	3.49	2.91
Extracto Etéreo (EE)	2.06	2.11	1.76
Fibra Cruda (FC)	15.61	16.01	13.38
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	75.10	77.05	64.40

Cuadro 10. Análisis proximal de la testa cruda de semilla de cintiáhua

	Base Húmeda (%)	Base Seca (%)	Base Tal como se Ofrece (%)
Humedad (H)	8.25	0.00	8.25
Materia Seca (MS), 5	91.75	100	91.75
Cenizas (Cen)	1.06	1.16	1.06
Materia Orgánica (MO)	90.68	98.84	90.68
Proteína Cruda (PC)	3.42	3.73	3.42
Extracto Etéreo (EE)	1.63	1.78	1.63
Fibra Cruda (FC)	75.92	82.75	75.92
Extracto Libre de Nitrógeno (ELN)	9.71	10.59	9.71

4.3 CONCLUSIONES

El proceso de aprovechamiento de las semillas de cintiáhua en la comunidad de Acaquizapan, Oaxaca ha sido transmitido de generación en generación y en la actualidad se conserva, permitiendo el consumo como alimento, y los resultados del análisis proximal: alto contenido de proteínas, lípidos, cenizas y carbohidratos; fundamentan dicho consumo, tanto en semilla cruda como cocinada, por lo tanto, presenta potencial como complemento alimenticio o ingreso económico para los recolectores. Además, proporciona información para continuar con investigaciones que permitan considerar a cintiáhua como posible cultivo y contribuir en mantener y difundir el conocimiento tradicional.

4.4 LITERATURA CITADA

- Araneda, X., Pacheco, A., Martinez, M. I., y Morales, D. (2016). Evaluación bromatológica de la semilla de maqui (*Aristotelia chilensis* (Molina) , Stuntz. *IDESIA*, 4(34), 1-20
- Benítez, R. B., Coronel, T. C., Hurtado, O. Z. A. y Martín F. J. (2014). Composición química de la cáscara de sachá inchi (*Plukenetia volubilis*) y alternativas para su aprovechamiento como subproducto agroindustrial. *El Hombre y la Máquina*, 46, 28-32
- Boege, S. E., Vidrales, C. G., García, C. I., Mondragón, M., Rivas, A. J., Lozada, M. P. y Soto, F. (2008). *El patrimonio biocultural de los pueblos indígenas de México*. México: Instituto Nacional de Antropología e Historia: Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas, 344p.

- Cavalcanti, T. M., Bora, S. P. & Carvajal, L. J. C. (2009). Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da faveleira (*Cnidosculus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Ho m.) com e sem espinos. *Ciência y Tecnología de Alimentos*, 29(3), 597-602
- Cuevas, S., J. A. (2008). El Banco Nacional de Germoplasma Vegetal: Ph. D. Salvador Miranda Colín. *Publicaciones del Programa Nacional de Etnobotánica. Serie: Conservación de Recursos Vegetales*. 1(5), 1-25
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) 2015. Recursos genéticos para para la alimentación y la agricultura. Consultado en: <http://www.fao.org/resources/infographics/infographics-details/es/c/174210/>
- Granados, S. D., Hernández, G. M. A. y López, R. G. F. (2004). Estudio integral del valle de Tehuacán-Cuicatlán: recursos genéticos de plantas. In: Chávez, S. J. L., Tuxill, J. y Jarvis, D. I. (Eds.), *Manejo de la diversidad de los cultivos en los agroecosistemas tradicionales* (pp. 97-109). Cali, Colombia, Instituto Internacional de Recursos Fitogenéticos
- González, A. D., Janke, R., y Rapoport, E. H. (2003). Valor nutricional de las malezas comestibles. *Ciencia Hoy*, 13(76), 41-47
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015. Censos agropecuarios. Consultado en: <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/agro>
- Jiménez, P. P., Masson, S. L. y Quitral R. V. (2013). Composición química de semillas de chía, linaza y rosa mosqueta y su aporte en ácidos grasos omega-3. *Revista Chilena de Nutrición*, 40(2), 155-160
- Johansson, K. P. (2007). El agua y el fuego en el mundo náhuatl prehispánico. *Arqueología Mexicana* 88, 78-83
- Kuhnlein, H. & Receveur, O. (1996). Dietary change and Traditional food Systems of indigenous Peoples. *Annual Review of Nutrition*, 16, 41-42
- León, L. J. L., Troyo, D. E., Ortega, N. M. M. & López, G. F. (1999). "Caribe" (*Cnidosculus angustidens* Torr.), a promising oilseed geophyte from north-west Mexico. *Journal of Arid Environments*, 41, 299-308
- Ruiz, C., Díaz, C., Anaya, J. y Rojas, R. (2013). Análisis proximal, antinutrientes, perfil de ácidos grasos y de aminoácidos de semillas y tortas de 2 especies de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* y *Plukenetia huayllabambana*). *Revista Sociedad Química de Perú*, 79(1), 29-36

- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente, B. J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S. y De la Maza, J. (2009). Capital Natural de México: Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de Sustentabilidad. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad*, 4, 100p.
- Sosa, P. E. (1979). *Manual de procedimientos analíticos para alimentos de consumo animal*. México: Universidad Autónoma Chapingo, 115p.
- Téllez, V. O., Reyes, C. M., Dávila, A. P., Gutiérrez, G. K., Téllez, P. O., Álvarez, E. R., González, R. A., Rosas, R. I., Ayala, R. M., Hernández, M. M., Murguía, R. M. y Guzmán, C. U. (2002). Las plantas del valle de Tehuacán-Cuicatlán, Guía Ecoturística. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 1-44
- Toledo, V. M. (1993). La riqueza florística de México: un análisis para conservacionistas. *In*: Guevara, S, Moreno, C. P., Rzedowski, J. (Eds.), *Logros y perspectivas del conocimiento de los recursos vegetales de México en vísperas del siglo XXI* (pp. 109-123) Xalapa, Veracruz. México. Instituto de Ecología, AC. / Sociedad Botánica de México.

5. EXTRACCIÓN DE ACEITE DE SEMILLAS DE CINTIÁHUA (*Cnidoscolus rostratus*) Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA

RESUMEN

Plantas oleaginosas presentan cantidad considerable de aceites que pueden ser utilizados con diversos fines, entre ellos la transformación a biodiesel, aspecto de gran interés debido a la demanda que actualmente existe con el agotamiento de los recursos petroquímicos. Los aceites extraídos de las semillas de *rostratus*) (especie poco conocida considerada silvestre o de recolección), evidencian potencial para ser utilizadas como biocombustible. Por tal motivo, el objetivo de este capítulo fue determinar el uso potencial de los aceites contenidos en sus semillas como biocombustible, a través de la extracción del aceite de las semillas de *Cnidoscolus rostratus* para su caracterización y transformación en ésteres metílicos de ácidos grasos (biodiésel), para proporcionar información que permita su aprovechamiento e inclusive la producción como cultivo. Las semillas de cintiáhua presentaron un rendimiento en promedio de 41.23 % de aceite, un índice de acidez de 0.4737 mg KOH g⁻¹, 78.8 g I₂ 100⁻¹ g⁻¹ de índice de yodo; en índice de peróxidos 2.7991 meq. O₂ Kg⁻¹ y 136.23 mg KOH g⁻¹ de índice de saponificación, así como la presencia de ácidos grasos insaturados como saturados y en mayor proporción ácido linoleico con 61.979 %. Lo cual se considera como valores aceptables para su aprovechamiento en la elaboración de biodiesel.

Palabras clave: Aceite vegetal, biodiesel, transesterificación, ácidos grasos

CINTIAHUA (*Cnidoscolus rostratus*) OIL EXTRACTION AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION

ABSTRACT

Oil plants have a considerable amount of oils that can be used for various purposes, including the transformation to biodiesel, due to the demand that currently exists with the depletion of petrochemical resources. *Cnidoscolus rostratus*, little known species considered both in wild or fomented form, whose seeds manifest potential to be used as biofuel. Therefore, the objective of this chapter was to determine the potential use of the oils contained in their seeds as biofuel, by extracting the oil from the seeds of *Cnidoscolus rostratus* for their characterization and transformation into fatty acid methyl esters (biodiesel). To provide information that allows their use and even production as a crop. The seeds of cintiáhua presented an average yield of 41.23 % of oil, an acid value of 0.4737 mg KOH g⁻¹, 78.8 g I₂ 100⁻¹ g⁻¹ of iodine index; In peroxide index 2.7991 meq. O₂ Kg⁻¹ and 136.23 mg KOH g⁻¹ saponification index, as well as the presence of unsaturated fatty acids as saturated and a higher proportion of linoleic acid with 61.979 %. This is considered as acceptable values for its use in the production of biodiesel.

Keywords: Vegetable oil, biodiesel, transesterification, fatty acids

5.1 INTRODUCCIÓN

El grupo de plantas llamadas oleaginosas, presentan unas moléculas especiales conocidas como aceites, encontrados en las semillas y son del tipo de los triglicéridos, es decir, del glicerol esterificado con ácidos grasos.

Se han localizado en semillas como de trigo, cártamo, maíz, soya, entre otras fuentes, como el aceite de la palma (*Elaeis guineensis*), coco (*Cocos nucifera*) y de higuera (*Ricinus communis*), todos estos aceites son susceptibles de ser transformados a biocombustibles (Faupel y Kurki, 2002).

El biodiesel, por ser generado de grasas vegetales, es un biocombustible afín con el medio ecológico (Bajpai *et al.*, 2006; Toscano *et al.*, 2010). Actualmente se han reportado estudios sobre la síntesis y caracterización de biodiesel a partir de aceites no comestibles como el de semillas de *Jatropha curcas* y *Ricinus communis*, algunas de ellas por la toxicidad de las semillas, no pueden ser consumidas como alimento humano, en tanto que otras tantas sí pueden ser comestibles, sin embargo, en varios casos, debido a sus características son susceptibles de ser consideradas en la utilización como biocombustible. De tal manera que se plantea la búsqueda de otras fuentes alternativas de aceites.

Por lo cual, el objetivo de la presente investigación fue determinar el uso potencial de los aceites contenidos en sus semillas como biocombustible, a través de la extracción del aceite de las semillas de *Cnidoscolus rostratus* para su caracterización y transformación en ésteres metílicos de ácidos grasos (biodiésel).

Cnidoscolus pertenece a la familia de las Euforbiáceas, la cual está constituida por aproximadamente 317 géneros y cerca de 8100 especies (Gordillo *et al.*, 2002). En México se encuentran representados por *Bernardia*, *Cnidoscolus*,

Euphorbia (*Euphorbia pulcherrima* que es la nochebuena) y *Pedilanthus*, y específicamente 24 especies del género *Cnidoscolus* se encuentran distribuidas en el país y 19 son endémicas (Steinmann, 2002), principalmente en los estados de Oaxaca, Puebla, Veracruz y San Luis Potosí (Atlas Medicina Tradicional Mexicana, 2016).

Pocos son los estudios que existen sobre características químicas de las especies de *Cnidoscolus* en México, siendo aún menos los relativos a sus semillas. Algunas contribuciones se conocen para *C. urens*, de cuyas raíces se aislaron acetato de lupeol, isoxochitlolona y xochitloldiona (Domínguez, 1992). Así como estudios en las semillas para *C. multilobus* con potencial para biocombustible (Reyes *et al.*, 2013); *C. phyllacanthus* en Brasil con 40,21% de lípidos contenidos en las semillas (Cavalcanti *et al.*, 2009); *C. quercifolius* con 42.4% de ácidos grasos insaturados (Santos *et al.*, 2005), y *C. angustidens* con 26% de aceite y 0.972 % de ácidos grasos libres (León *et al.*, 1999). También está documentado que *C. aconitifolius* (Chaya) la cual presenta actividad hipoglucemiante (Andrade y Heinrich, 2005) de cuyas hojas se ha aislado flavonoides glicosilados, aunque no se conoce si la actividad se deba a estos metabolitos.

5.2 MATERIALES Y MÉTODOS

5.2.1 Colecta del material

La colecta de semillas se realizó en el mes de noviembre del año 2015, en la comunidad de Acaquizapan, municipio de Santiago Chazumba, Distrito de Huajuapán de León en el Estado de Oaxaca. Con la ayuda de las personas recolectoras de la comunidad, se cortaron los racimos de frutos que mostraban madurez, es decir, un color café y con una pequeña apertura del mesocarpo. Los frutos se cortaron con la manualmente.

La colecta se llevó a cabo a través de un muestreo aleatorio de las poblaciones encontradas de las plantas de interés.

5.2.2 Caracterización física de las semillas

Una muestra de 30 semillas se caracterizó por sus pesos individuales y por sus dimensiones de largo, ancho y grosor utilizando un vernier (Promo Alternative de 150 mm).

5.2.3 Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como el promedio de 30 determinaciones para las semillas completas. Los datos se analizaron usando la prueba *t* de student ($p < 0.05$).

5.2.4 Extracción de aceite

A las semillas colectadas se les retiró la testa manualmente con ayuda de pinzas de presión, las cuales fueron trituradas a través del manejo físico por la separación de la almendra de la testa.

Se pesaron 28 g de almendra (semilla sin testa) triturada y se colocaron en cartuchos de papel filtro; fueron sometidas a una extracción exhaustiva con hexano (300 ml) en un equipo soxhlet (Kimax) por un tiempo de 18 horas.

Una vez transcurrido el tiempo requerido, se retiró el matraz con la muestra y el solvente, se llevó al rotavapor para separar el hexano a una temperatura máxima de 60 °C, posteriormente se colocó 1 g de sulfato de sodio anhidro para evaporar el agua que pudo haberse quedado con las grasas extraídas, se dejó reposar por 30 min. Transcurrido el tiempo se retiró el sulfato de sodio anhidro y el aceite resultante se cuantificó por peso y volumen; esta operación se efectuó por triplicado.

5.2.5 Calidad de aceites

Determinación del grado de acidez libre (Índice de acidez).

La acidez correspondiente a la presencia de los ácidos grasos libres del aceite se determinó por titulación de una muestra de 0.5 ml del aceite adicionando 10 ml de solución de éter – metanol (1:1 v:v) y 0.1 ml de fenoftaleína, con una solución estándar de KOH 0.0097 N y agitando vigorosamente a 50 °C, hasta observar un color rosa permanente por al menos 1 minuto; siguiendo el método analítico ASTM 2003; esta operación se efectuó por triplicado y se estimó el volumen gastado, para determinar la cantidad de mg de hidróxido de Potasio que neutralizó a 1 g de aceite. Y se expresan en mg KOH g⁻¹ aceite.

$$\text{Índice de áidez} = \frac{V \cdot N \cdot PM}{m} \times 1000 \quad (13)$$

Donde:

V = Volumen (L) de KOH usado en titulación

N = Normalidad exacta del KOH (obtener equivalentes)

PM = Peso molecular de KOH

M = Masa de la muestra

Índice de yodo

De acuerdo a la norma ISO 3961:2013; 0.2 g de aceite de semilla fueron pesados, se le adicionó 10 ml de cloruro de metilo (CH₂Cl₂) y 10 ml de reactivo de Wijs. La mezcla se colocó en oscuridad por 30 min. Posteriormente se agregó 10 ml de disolución de yoduro de potasio (KI) al 10 % más 100 ml de agua destilada y se tituló con solución valorada de tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₇) 0.1 N. Se observó cambio de color amarillo pálido y se le agregó 1 ml de solución de almidón como indicador, se continuó la titulación hasta que la solución se tornara incolora. A la par se tituló una muestra como blanco y la lectura se tomó de acuerdo a los mililitros gastados de tiosulfato de sodio y se calculó con la siguiente ecuación.

$$\text{Índice de yodo} = \frac{(V_1 - V_2) * N * 12.69}{g} \quad (14)$$

Donde:

V_1 = ml gastados de tiosulfato de sodio del blanco

V_2 = ml gastados de tiosulfato de sodio de la muestra

N = Normalidad de tiosulfato de sodio

g = gramos de muestra de aceite

Índice de Saponificación

Un gramo de aceite se pesó en un matraz bola y se le adicionó 10 ml de KOH a 0.36728 N. Se adaptó un sistema refrigerante de reflujo por 30 minutos con agitación constante. Se dejó enfriar y se agregó 0.1 ml de fenoltaleína y se tituló con ácido clorhídrico (HCl) a 0.3773 N. La lectura se tomó cuando se observó un cambio de coloración de rosa intenso a rosa pálido, según la norma ISO: 3657:2013. Los resultados se expresaron como mg de KOH requerido para saponificar 1 g de muestra y el cálculo se realizó con la siguiente formula:

$$\text{Índice de saponificación} = \frac{(B - V) * N * 56.1}{m} \quad (15)$$

Donde:

V = ml de HCl gastados

B = ml gastados para titular el blanco

N = Normalidad de HCl

M = Masa de muestra en g

56.1 = Peso molecular de KOH

Índice de Peróxidos

De acuerdo con la norma ISO 3960:2007; 1 g de aceite se pesaron, se le adicionó 6 ml de ácido acético glacial-cloroformo (3:2, v/v), posteriormente 0.1 ml de disolución saturada de yoduro de Potasio se le agregó, más 6 ml de agua y se tituló con solución saturada de tiosulfato de sodio 0.01 N, durante la titulación se le adicionó 0.1 ml de solución de almidón, como indicador. Una reacción como testigo (blanco) se preparó a la par y los mililitros gastados en la titulación se tomaron como lectura.

El índice de peróxidos se calculó con la siguiente ecuación y se expresó en miliequivalentes de oxígeno activo por kg de aceite.

$$\text{Índice de Peróxidos} = \frac{(A-A_1)*N*1000}{g} \quad (16)$$

Donde:

A= ml de tiosulfato gastados de muestra

A₁= ml de tiosulfato gastados del blanco

N= Normalidad de tiosulfato de sodio

g= gramos de la muestra

Composición de ácidos grasos.

Se agregó 0.1 g KOH a 2.5 ml de metanol y se agitó vigorosamente hasta disolverse, enseguida se adicionó 1.0 ml de aceite y se mantuvo bajo reflujo durante 60 min. El avance de la reacción se siguió por cromatografía en capa fina aplicando en la parte inferior de una placa analítica de 3 x 10 cm la muestra de aceite y de mezcla de reacción de transesterificación, se eluyó con una mezcla de hexano/acetato de etilo/ácido acético (9:1:0.1), se retiró la placa y se introdujo en una cámara de yodo, se mantuvo por 1 min hasta observarse la desaparición de la mancha del aceite y la aparición del biocombustible, indicando el fin de la reacción.

Una vez finalizada la reacción de transesterificación indicada anteriormente, se realizó una resonancia magnética con muestra tanto del aceite como del biodiesel, para corroborar si realmente la reacción se llevó a cabo.

Posteriormente, la mezcla de reacción se transfirió a un embudo de separación, permaneciendo en reposo durante un día. Se decantó la parte inferior que contenía la glicerina y la fase superior se lavó con una disolución de ácido cítrico al 0.1 % (tres veces) y después con agua caliente (60 °C, tres veces); finalmente se secó con Na₂SO₄ anhidro y se decantó para obtener los ésteres metílicos de los ácidos grasos contenidos en el aceite, los cuales fueron

cuantificados por cromatografía de gases empleando un detector de ionización de flama.

Análisis del biodiesel por cromatografía de gases.

Los ésteres metílicos de ácidos grasos contenidos en el biodiesel se analizaron por cromatografía de gases en un cromatógrafo Agilent 6890 integrado por una columna AT-FAME (30 m * 0.25 mm y 0.25 μ m espesor de película) empleando un detector de ionización de flama (FID). El gradiente de temperatura de la columna fue de 180 °C a 230 °C, gas hidrógeno fue empleado como gas de arrastre a una velocidad de flujo de 1.8 ml min⁻¹. Una mezcla estándar de ésteres fue usada como medio de comparación y los tiempos de retención de los ésteres contenidos en dicha mezcla fueron utilizados para identificar los picos del cromatograma. Los niveles de ácidos grasos se estimaron como el porcentaje del área con respecto al total del área de los ésteres metílicos (Marroquín-Andrade *et al.*, 2011).

Determinación de la densidad y viscosidad.

Se determinó la densidad y viscosidad cinemática y dinámica del aceite y biodiesel a varias temperaturas empleando un viscómetro *Anton Parr* modelo SVM 3000. También fueron analizadas las mezclas de biodiesel:diesel en las proporciones: 70:30 (B70), 60:40 (B60), 50:50 (B50), 40:60 (B40), 30:70 (B30), 20:80 (B20), 10:90 (B10) y 5:95 (B5)

Calor de combustión

La cantidad de energía que aportan tanto el biodiesel, diesel, aceite y mezclas de biodiesel/diesel: 70:30 (B70), 60:40 (B60), 50:50 (B50), 40:60 (B40), 30:70 (B30), 20:80 (B20), 10:90 (B10) y 5:95 (B5), fueron determinadas con 0.5 g de muestra, empleando un calorímetro isoperibolico marca *Parr Instruments*, modelo 6400.

5.3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.3.1 Características físicas de las semillas

Los valores obtenidos de las características físicas de la semilla de *Cnidoscolus rostratus* (peso, largo, ancho y grosor) se muestran en la tabla 11.

Cuadro 11. Dimensiones físicas de dos tipos de semillas

Característica física	<i>Cnidoscolus rostratus</i>	<i>Jatropha curcas</i>
Grosor (mm)	2.246193 ± 0.10975	-
Peso (g)	0.33946 ± 0.001026577	0.54 ± 0.09
Largo (cm)	2.3515 ± 0.952457586	1.7 ± 0.1
Ancho (mm)	2.2734 ± 0.16425	0.8 ± 0.1

5.2 2 Extracción de aceite

La extracción del aceite de las semillas de cintiáhua fue con equipo soxhelt. El rendimiento promedio de aceite extraído con dicho equipo, fue de 41.23 % de aceite (cuadro 12); en comparación con otras semillas de *Cnidoscolus*, algunas de las cuales presentan menor porcentaje de rendimiento de aceite (León *et al.*, 1999; Santos, *et al.*, 2005 y Cavalvanti *et al.*, 2009) (cuadro13). Tal rendimiento es comparable si la extracción es similar.

Cuadro 12. Contenido de aceite extraído de semilla de *Cnidoscolus rostratus*; peso, volumen y rendimiento

Muestra	Peso promedio (g)	Volumen promedio (ml)	Rendimiento (%)
Aceite Soxhlet	8.3	9.9	41.23

Cuadro 13. Rendimiento (%) de aceites extraídos de varias semillas en comparación con *Cnidoscolus rostratus*

Especie	Rendimiento (%)
<i>C. rostratus</i>	41.23
<i>C. angustidens</i>	26
<i>C. phyllacanthus</i>	40.56
<i>C. quercifolius</i>	35-50
<i>Annona diversifolia</i>	21
<i>Arachis hypogaeae</i>	45
<i>Glicine max (soya)</i>	19

5.3.3 Reacción de transesterificación

Como método para conocer que se llevó a cabo la reacción de transesterificación del aceite extraído de las semillas de *Cnidoscolus rostratus* se realizó resonancia magnética cuyos espectros se observan en las Figura 9 y 10. Los cuales muestran que, efectivamente se detecta diferencia de retención entre los ester métilicos del biodiesel y los triglicéridos de los aceites, es decir, la reacción de transesterificación se llevó con éxito.

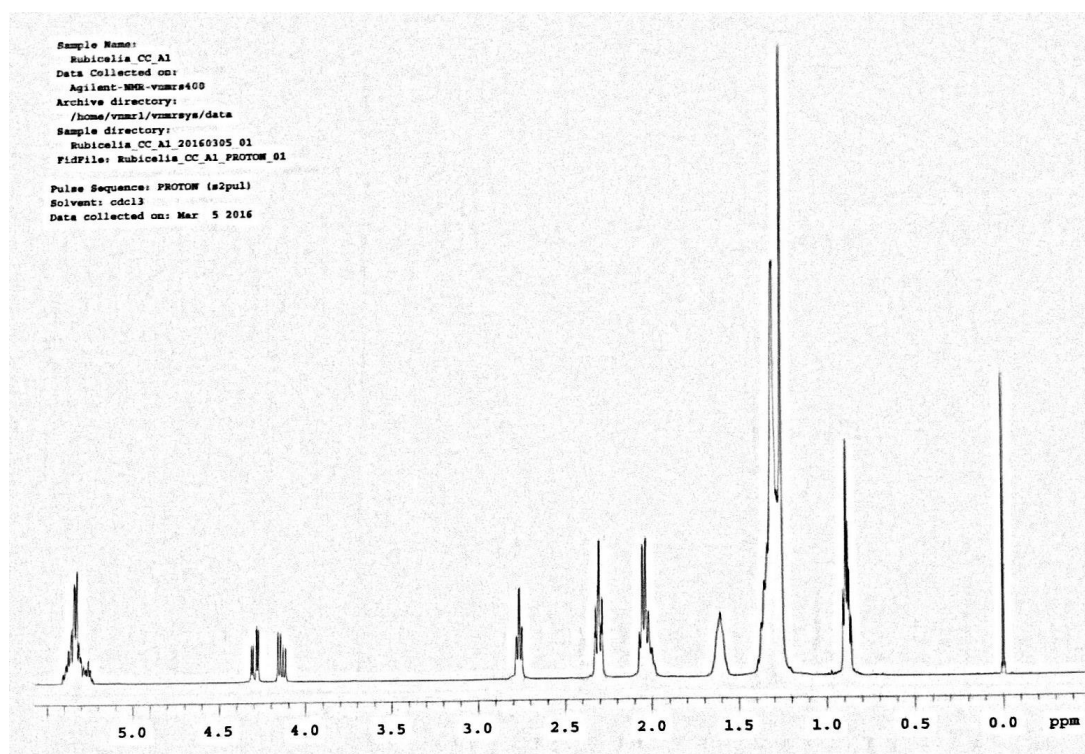


Figura 9. Espectro de resonancia magnética del aceite extraído de las semillas de *Cnidoscolus rostratus*

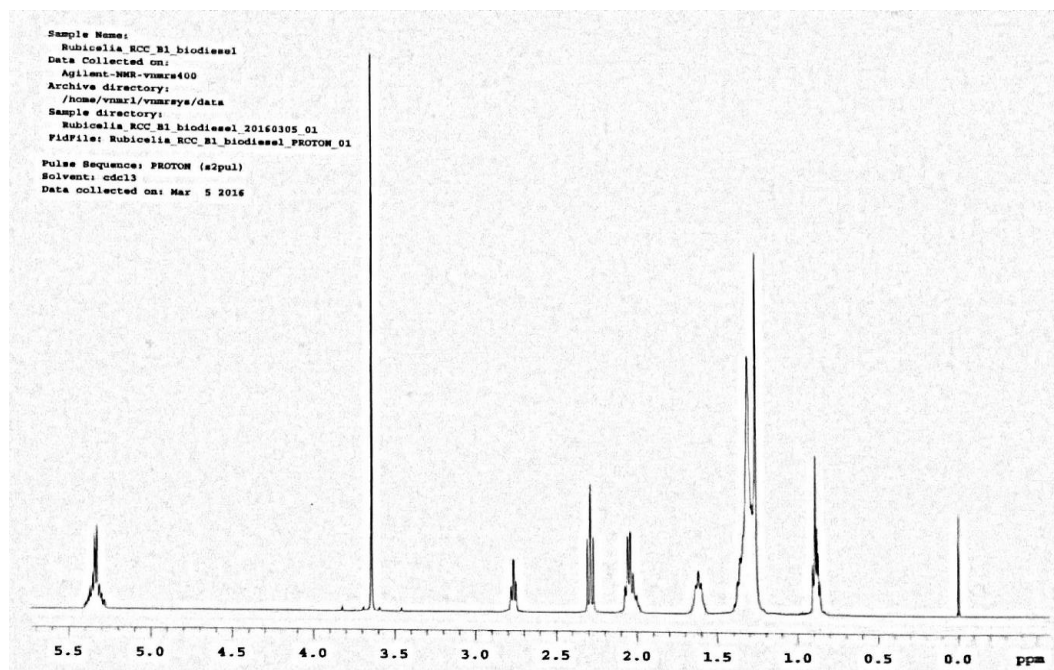


Figura 10. Espectro de resonancia magnética del biodiesel elaborado a partir del aceite extraído de las semillas de *Cnidoscolus rostratus*

5.3.4 Caracterización del aceite extraído de semillas de *Cnidoscolus rostratus*

Los parámetros físico-químicos de los aceites de las semillas, en este caso de semillas de cintiáhua y en comparación con los estándares de las normas internacionales nos permiten identificar si son susceptibles para su uso en este caso para realizar el proceso de transesterificación, o si son útiles en su consumo. Dichos parámetros obtenidos del aceite extraído de semillas de cintiáhua se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Parámetros químicos del aceite extraído de semilla de *Cnidoscolus rostratus*

Parámetro	Resultados
Índice de Yodo ($\text{g I}_2 \text{ 100}^{-1} \text{ g}^{-1}$)	78.8
Índice de Peróxidos ($\text{meq. O}_2 \text{ Kg}^{-1}$)	2.7991
Índice de acidez (mg KOH g^{-1})	0.4737
Índice de saponificación (mg KOH g^{-1})	136.23

Cuando los ácidos grasos libres contenidos en el aceite están presentes en una baja cantidad, son neutralizados con la base añadida, ya que el KOH funge como catalizador en la reacción de transesterificación. La norma internacional

UNE-EN 14214 (2013) y la ASTM D6751 indica que el índice de acidez de un aceite no debe ser mayor a 0.5 mg KOH g⁻¹ aceite, o valores inferiores a 3 mKOH g⁻¹, que se consideran adecuados para la transesterificación catalizada por álcali (Kumar *et al.*, 2013), en este caso, para el aceite de semillas de cintiáhua el valor es menor a dicha cifra (0.4737 mg KOH g⁻¹) (Cuadro 14).

Por lo tanto, no es necesario realizar tratamientos previos para realizar el proceso de transesterificación. Es favorable, en el caso de que el aceite sea utilizado como biodiesel, ya que se disminuye gastos en el proceso. Sin embargo, este valor es mayor al obtenido en aceite de semillas de *C. quercifolius* (0.1080 mg KOH g⁻¹) *C. angustidens* (0.252 mg KOH g⁻¹), *Jatropha curcas* (0.92-6.16 mg KOH g⁻¹), *Annona diversifolia* (0.66 mg KOH g⁻¹), cuyos aceites ya son utilizados para biodiesel (*J. curcas*).

Por otro lado, el índice de yodo para *C. angustidens* de 106 mg I₂ g⁻¹ (León *et al.*, 1999), *C. quercifolius* de 110 mg I₂ g⁻¹ (Santos *et al.*, 2005) y los de *Jatropha curcas* (101 mg I₂ g⁻¹) (Mofijur *et al.* 2012), son valores superiores al obtenido en el aceite de las semillas de cintiáhua (78.8 g I₂ kg) (Cuadro 14). Lo que resulta favorable para cintiáhua, ya que según la Norma internacional UNE-EN 14214 (2013) el índice de yodo no debe ser mayor a 120 g I₂ 100⁻¹ g⁻¹ muestra. Sin embargo, demuestra que la cantidad de dobles enlaces presentes en el aceite es baja, en comparación con otros. Pero también hay que considerar que el valor del índice de yodo cambia, según el método de extracción.

En el caso del índice de peróxidos, en el aceite de semillas de cintiáhua se obtuvo el valor de 2.7991 meq. O₂ Kg⁻¹ (cuadro 14), más alto que el reportado para *C. angustidens* que es de 1.263 meq g⁻¹, sin embargo, valores aceptados por el CODEX de la FAO (1999) para aceites refinados es hasta 10 miliequivalente de oxígeno activo kg⁻¹ de aceite y hasta 15 miliequivalentes de oxígeno activo kg⁻¹ de aceite para aceites prensados en frío y vírgenes; menos de esos valores son considerados como de baja oxidación o rancidez, esto

quiere decir que, el aceite contenido en semillas de cintiáhua presenta baja oxidación en los ácidos grasos insaturados, a pesar de que el valor es mayor al reportado para *C. angustidens*

Por último, el índice de saponificación indica la capacidad de los aceites para formar jabón, es decir, que se hidrolice el éster de los aceites y formen alcohol y la sal del ácido. Es decir, este índice está relacionado con la cantidad de esteres (triglicéridos) presentes y la reacción con las bases (KOH o NaOH). En ese sentido, el valor de saponificación del aceite de semillas de cintiáhua se consideraría bajo ($136.23 \text{ mg KOH g}^{-1}$) (cuadro 14) en relación al reportado por ejemplo para *C. quercifolius* ($280.7300 \text{ mg KOH g}^{-1}$) considerado bueno como alimenticio (Santos *et al.*, 2005), mientras que para *C. angustidens* es reportado con $76 \text{ mg NaOH g}^{-1}$ como índice de saponificación, más cercano al que se obtuvo para cintiáhua. Es importante mencionar que estas últimas dos son especies mexicanas.

Calor de Combustión

El calor de combustión que se obtuvo del aceite, biodiesel y diesel petroquímico (PEMEX) se observan en la Cuadro 15 y Figura 9. Muestran la cantidad de energía que se libera cuando se queman, además de que el valor de combustión tanto para el aceite como para el biodiesel son similares, mientras que el valor obtenido para el diesel petroquímico, es más alto. Según la norma ASTM D240 “Método de prueba estándar para calor de combustión de hidrocarburos mediante calorímetro de bomba, para uso del biodiesel”, el límite establecido es de $39.500 \text{ kJ kg}^{-1}$, es decir, el aceite de cintiáhua está esta por poco en el límite, sin embargo el biodiesel si sobrepasa los limites.

Cuadro 15. Calor de combustión de aceite y biodiesel elaborado a partir de aceite extraído de semillas de *Cnidoscolus rostratus* y diesel petroquímico (PEMEX)

Calor de combustión KJ/kg		
Aceite	Biodiesel	Diesel
39.321559	39.71149801	45.910589

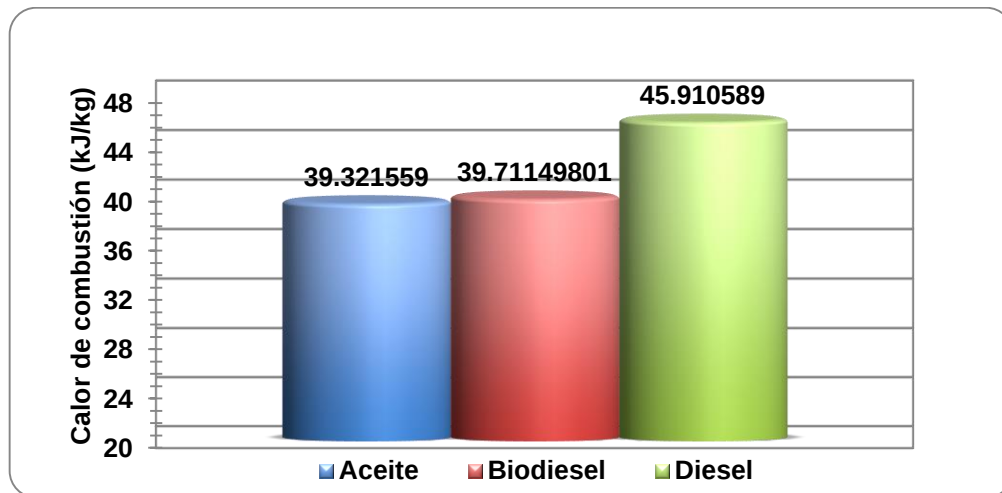


Figura 11. Calor de combustión de aceite y biodiesel elaborado a partir del aceite extraído de semillas de *Cnidoscolus rostratus* y diesel petroquímico (PEMEX)

Por otro lado, para hacer comparable el uso de biodiesel contra el uso de diesel petroquímico, sería necesario requerir más cantidad de biodiesel para igualar la energía calorífica que genera el diesel, es decir, se necesitaría por lo tanto, más cantidad de aceite y en congruencia más cantidad de materia prima, lo que no es factible, debido a que se requerirá mayor producción, más costos y se llegaría de nuevo a monocultivos, que trae consigo efectos negativos en el ambiente y biodiversidad. De tal manera que las mezclas de biodiesel con diesel pueden aminorar tal limitación, equiparando por poco el calor de combustión del diesel petroquímico puro; como se muestra en el cuadro 16 y figura 10.

Cuadro 16. Calor de combustión de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceites extraído de semillas *Cnidoscolus rostratus* con diesel petroquímico (PEMEX)

MEZCLA	CALOR DE COMBUSTIÓN (kJ kg ⁻¹)
B0D100	45.910589
B5D95	45.6454563
B10D90	45.130042
B20D80	44.44926164
B30D70	43.93710703
B40D60	43.17654389
B50D50	42.55027676
B60D40	41.71539821
B70D30	41.46194273

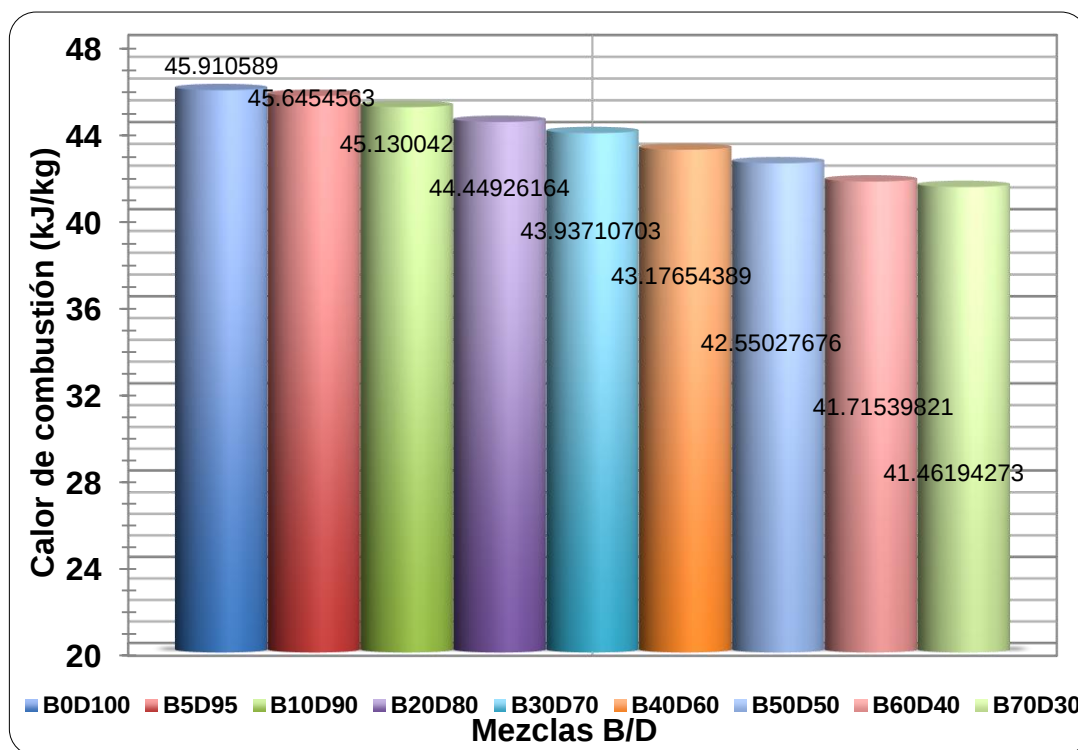


Figura 12. Calor de combustión de mezclas de biodiesel elaborado a partir del aceite extraído de semillas de *Cnidoscolus rostratus* con diesel petroquímico (PEMEX)

Viscosidad y densidad

Las viscosidades, dinámica y cinemática así como densidad del aceite se valoran en el Cuadro 17. Se observa que las tres variables decrecen en cuanto se les aumenta temperatura. A temperatura de 20°C la densidad es muy similar

a valores reportados para otros aceites como *C. quercifolius* (0.9125 g cm^{-3}) (Santos *et al.*, 2005); algunas *Jatrophas* (Rodríguez *et al.*, 2010) o *Annona diversifolia* (0.9118 g cm^{-3}) (Reyes *et al.*, 2014). Por otro lado la viscosidad dinámica, fue superior en el aceite de las semillas de cintiáhua a lo reportado para otros aceites ($44.0000 \text{ mPa s}^{-1}$ para *C quercifolius* y 33.64 mPa s^{-1} para *Annona diversifolia*). Así mismo, para la viscosidad cinemática ($33.64 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$ para *Annona diversifolia*). Menciona Reyes *et al.* (2014) que la asociación entre alta viscosidad y baja fluidez es la principal motivación para transformar los aceites de semillas en biodiesel.

Cuadro 17. Viscosidad dinámica, cinemática y densidad de aceite extraído de semillas de *Cnidoscolus rostratus*, a diferentes temperaturas

T (°C)	*Vd (mPa s ⁻¹)	*Vc (mm ² s ⁻¹)	*D (g cm ⁻³)
20	63.357	68.894	0.9196
30	41.74	45.773	0.9119
40	29.066	32.11	0.9052
50	21.085	23.465	0.8986
60	15.873	17.797	0.8919
70	12.306	13.899	0.8853
80	9.7915	11.142	0.8788
90	7.9683	9.1348	0.8723

* Vd: Viscosidad dinámica *Vc: Viscosidad cinemática *D: densidad

Los resultados obtenidos de densidad y viscosidad dinámica y cinemática con respecto a las mezclas de biodiesel/diesel así como las densidades se presentan en los Cuadros 18, 19 y 20, respectivamente y las Figuras 11, 12 y 13. Ocurre similar a lo mencionado para las variables anteriormente indicadas, es decir, conforme la temperatura aumenta y el porcentaje de diesel en la mezcla el valor de las variables disminuyen, así tenemos que para diesel puro a 90 °C es el menor valor. La norma internacional UNE-EN 14214 establece que el valor de la densidad del biocombustible puro debe encontrarse en un rango de 0.860 g ml^{-1} a 0.900 g ml^{-1} a una temperatura de 15 °C , sin embargo para el biodiesel de cintiáhua el valor mínimo se encuentra a temperatura de 40 °C , conforme disminuye la temperatura el valor aumenta, de tal manera que a 20 °C

se tiene un valor de 0.8778 g ml^{-1} . Por otro lado, una de las muchas limitaciones es que un combustible con alta viscosidad no será pulverizado adecuadamente por los sistemas de inyección que poseen los motores diesel de inyección directa (Benavides *et al.*, 2007), y según las especificaciones ASTM D-975 la viscosidad cinemática a 40°C es de 1.9 a $5.0 \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$, lo que indica que según la viscosidad cinemática que se obtuvo es factible utilizar el biodiesel o las mezclas a 40°C o temperaturas ligeramente más elevadas.

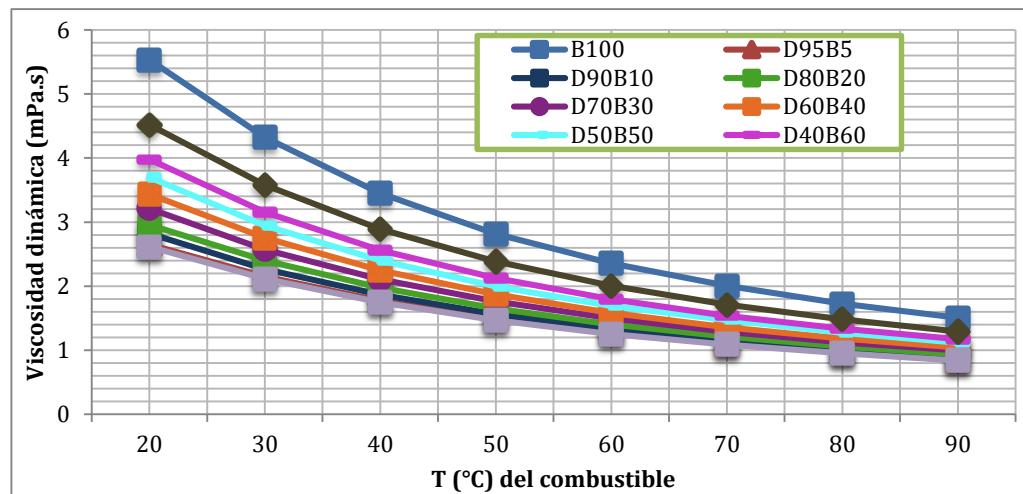


Figura 13. Viscosidad dinámica de mezclas de biodiesel elaborado a partir del aceite extraído de semillas de *Cnidoscolus rostratus* con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas

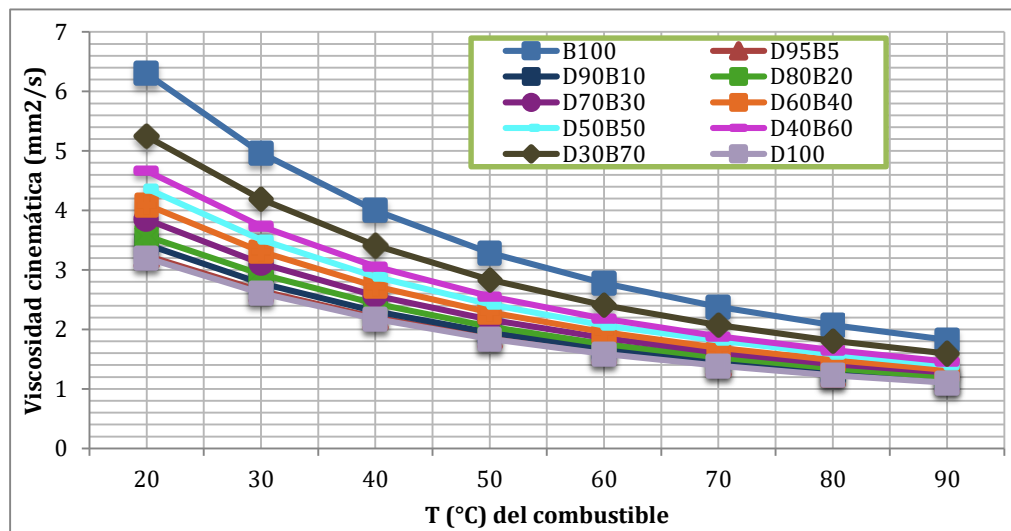


Figura 14. Viscosidad cinemática de mezclas de biodiesel elaborado a partir del aceite extraído de semillas de *Cnidoscolus rostratus* con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas

Cuadro 18. Viscosidad dinámica de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceites extraídos de semillas de *Cnidoscolus rostratus* con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Composición de la mezcla									
	D100	D95B5	D90B10	D80B20	D70B30	D60B40	D50B50	D40B60	D30B70	B100
	Viscosidad dinámica (mPa.s)									
20	2.6147	2.6516	2.8201	2.9547	3.2102	3.4324	3.6982	3.9782	4.5204	5.5322
30	2.1161	2.1495	2.2646	2.4017	2.5722	2.7555	2.9463	3.1534	3.5793	4.3229
40	1.7479	1.773	1.864	1.9772	2.108	2.2454	2.4006	2.5594	2.8883	3.45
50	1.467	1.4924	1.5628	1.6499	1.7595	1.8697	1.9968	2.1247	2.3843	2.8163
60	1.253	1.2725	1.3324	1.4033	1.4953	1.5833	1.6901	1.7941	2.004	2.3571
70	1.0845	1.1018	1.1511	1.2103	1.2869	1.3586	1.4705	1.5382	1.7107	2.0041
80	0.94979	0.96417	1.006	1.0566	1.1213	1.1814	1.2696	1.3348	1.4792	1.728
90	0.83887	0.85136	0.89521	0.9317	0.9947	1.0394	1.1147	1.171	1.2934	1.5079

Cuadro 19. Viscosidad cinemática de mezclas de biodiesel elaborado a partir de aceites extraídos de semillas de *Cnidoscolus rostratus* con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Composición de la mezcla									
	D100	D95B5	D90B10	D80B20	D70B30	D60B40	D50B50	D40B60	D30B70	B100
	Viscosidad cinemática (mm ² /s)									
20	3.2019	3.2371	3.4278	3.5683	3.846	4.0942	4.3679	4.6672	5.2472	6.3022
30	2.6123	2.6454	2.7766	2.926	3.1084	3.3122	3.51	3.7324	4.1901	4.9661
40	2.1729	2.2011	2.305	2.4301	2.5697	2.7224	2.8846	3.0553	3.4097	3.9964
50	1.843	1.8692	1.9503	2.0456	2.1639	2.2867	2.4205	2.5583	2.8386	3.2897
60	1.5884	1.608	1.6777	1.7554	1.8553	1.9534	2.0668	2.1792	2.4063	2.7767
70	1.3866	1.405	1.4626	1.5276	1.6111	1.6913	1.8153	1.8849	2.072	2.381
80	1.2262	1.2408	1.29	1.3458	1.4166	1.484	1.5806	1.6503	1.8074	2.0708
90	1.1059	1.1367	1.1591	1.1978	1.275	1.3175	1.4002	1.4608	1.5943	1.8227

Cuadro 20. Densidad de mezcla de biodiesel elaborado a partir de aceites extraídos de semillas de *Cnidoscolus rostratus* con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas

Temperatura (°C)	Composición de la mezcla									
	D100	D95B5	D90B10	D80B20	D70B30	D60B40	D50B50	D40B60	D30B70	B100
	Densidad (g/m3)									
20	0.816	0.8191	0.8227	0.828	0.8347	0.8384	0.8467	0.8524	0.8615	0.8778
30	0.8095	0.8125	0.8156	0.8208	0.8275	0.8319	0.8394	0.8449	0.8542	0.8705
40	0.8025	0.8055	0.8085	0.8136	0.8203	0.8248	0.8322	0.8377	0.8471	0.8633
50	0.7954	0.7984	0.8013	0.8066	0.8131	0.8177	0.825	0.8305	0.84	0.8561
60	0.7884	0.7913	0.7942	0.7994	0.8059	0.8105	0.8178	0.8233	0.8328	0.8489
70	0.7812	0.7842	0.787	0.7923	0.7987	0.8033	0.81	0.8161	0.8256	0.8417
80	0.7741	0.777	0.7798	0.7851	0.7915	0.7961	0.8033	0.8088	0.8184	0.8345
90	0.7667	0.7698	0.7723	0.7779	0.7839	0.7889	0.7961	0.8016	0.8113	0.8273

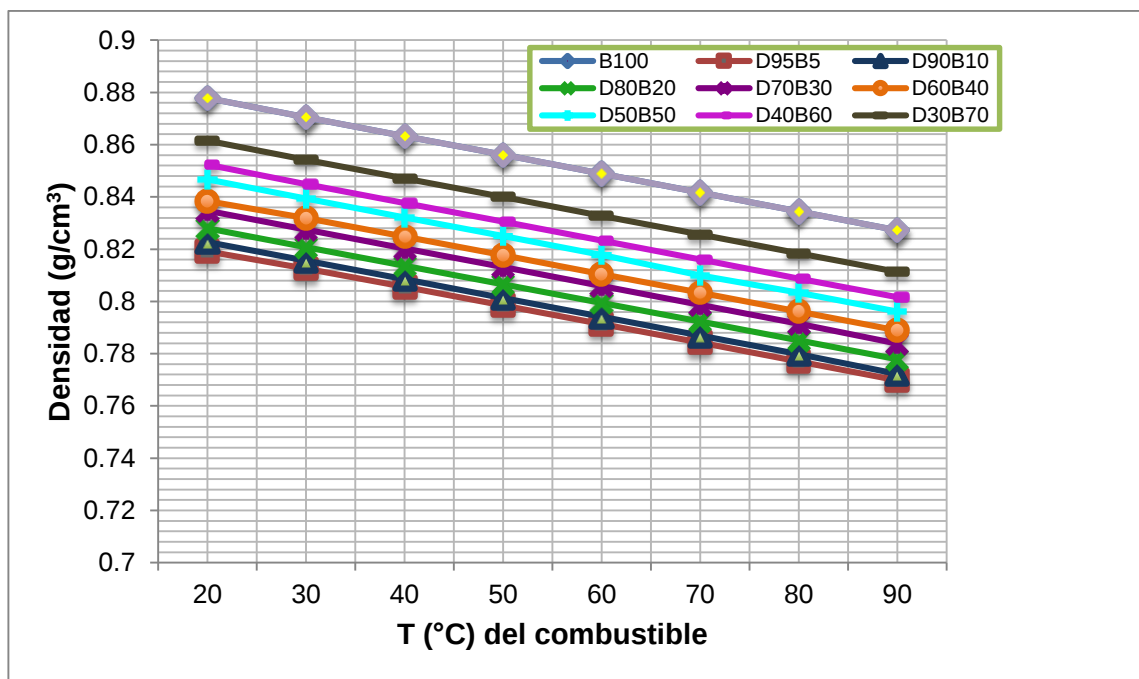


Figura 15. Densidad de mezclas de biodiesel elaborado a partir del aceite extraído de semillas de *Cnidoscolus rostratus* con diesel petroquímico (PEMEX) a diferentes temperaturas

5.5.5 Composición de ácidos grasos del biodiesel de semillas de cintiáhua determinada por cromatografía de gases

El contenido de ácidos grasos se resume en el Cuadro 21, Figura 14 y 15 obtenidas de la cromatografía de gases. El aceite está compuesto de seis ácidos grasos, de los cuales, tres son ácidos grasos insaturados y el resto ácidos grasos saturados. Más del 50 % está compuesto por ácido linoleico, el cual es un ácido graso poliinsaturado con dos dobles enlaces (Omega 6), seguido de ácido oleico que también presenta un doble enlace. Dichos resultados son similares a lo reportado por Santos *et al.* (2005) para *C. quercifolius*, semillas comestibles en el norte de Brasil y a *C. angustidens*, semillas comestibles en el norte de México. Ésta última presenta ácido araquídico (León *et al.*, 1999), con cuatro dobles enlaces, mismo que también contiene cintiáhua, con un porcentaje de presencia pequeño (0.265 %).

Por otro lado, se reporta que aceites de *Jatrophas* (Rodríguez *et al.*, 2010), y *Cnidoscolus multilobus* presentan alto contenido de ésteres metílicos con dobles enlaces (74.2 %), ideales para la utilización del biodiesel a bajas temperaturas (Reyes *et al.*, 2013), similares a los obtenidos del aceite de las semillas de cintiáhua, es decir también resulta ideal para utilizar en la elaboración de biodiesel.

Cuadro 21. Contenido de ácidos grasos en aceite extraído de semillas de cintiáhua

Nombre del Ácido graso	Estructura	Ácido graso (%)
Palmitico	16:00	13.385
Esteárico	18:00	6.796
Oleico	18:01	15.780
Linoleico	18:02	61.979
Linolenico	18:03	0.846
Araquidico	20:04	0.265

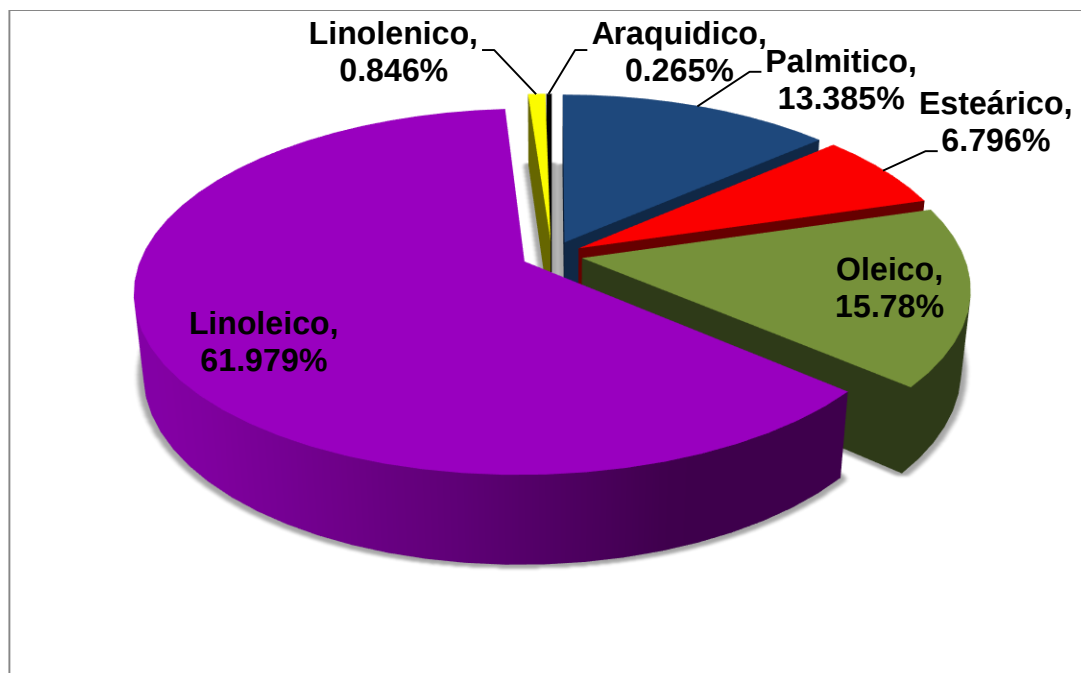


Figura 16. Composición porcentual de los ácidos grasos metil ester presentes en el biodiesel elaborado a partir de aceites extraídos de semillas *Cnidoscolus rostratus*

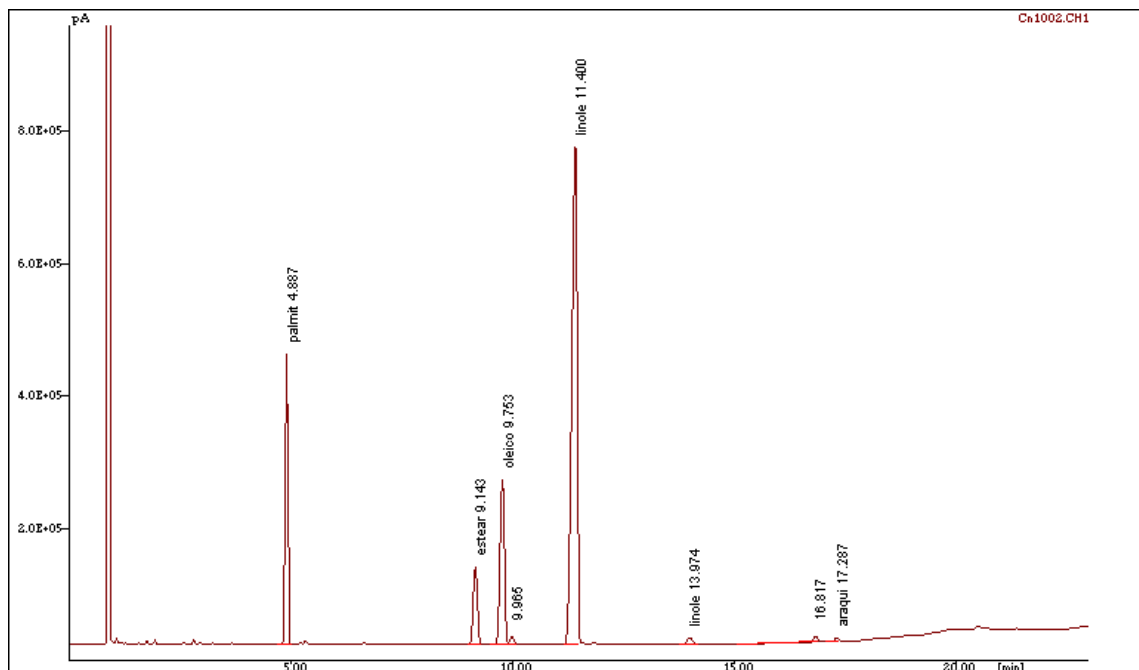


Figura 17. Cromatograma de la composición de ácidos grasos obtenidos en el biodiesel elaborado con aceites extraídos de semillas de cintiáhua

5.6 Conclusiones

El aceite extraído de las semillas de cintiáhua (*Cnidoscolus rostratus* ssp. *glabra* y *C. rostratus* ssp. *rostratus*) presenta características físico químicas iguales o similares a los estándares internacionales para el uso como biocombustible; debido a su bajo índice de acidez la reacción de transesterificación se realiza fácilmente, lo cual permite observar la presencia de esteres metílicos tanto saturados como insaturados (en mayor proporción). Dichas características proporcionan información útil para considerar el aceite de semillas de cintiáhua con potencial para el aprovechamiento como biodiesel y comestible.

5.7 LITERATURA CITADA

- Andrade, C. A. & Heinrich, M. (2005). Mexican plants with hypoglycaemic effect used in the treatment of diabetes. *Journal Ethnopharmacol*, 99, 325-348.
- ASTM D6751. (2016). Standard specification for biodiesel full blend stock (B100) for middle distillate fuels: . Consultado en: <https://www.astm.org/Standards/D6751.html>
- ASTM D240. (2016). Método de prueba estándar para calor de combustión de hidrocarburos mediante calorímetro de bomba, para uso del biodiesel. Consultado en: <http://www.astm.org/Standards/D240>,
- Benavides, A., Benjumea, P. y Pashova, V. (2007). El biodiesel de aceite de higuera como combustible alternativo para motores diesel. *Revista Dyna*, 74(153), 1-14
- Cavalcanti, T. M., Bora, S. P. & Carvajal, L. J. C. (2009). Propriedades funcionais das proteínas de amêndoas da faveleira (*Cnidoculus phyllacanthus* (Mart.) Pax. et K. Ho m.) com e sem espinos. *Ciência y Tecnología de Alimentos*, 29(3), 597-602
- Domínguez, X. A. (1992) Isolation and identification of xochitloldione and isoxochitloldione from *Cnidoculus urens*. *Journal of Natural Products*, 55(2), 221-224
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1999). CODEX STAN 210-1999. Informe del Comité del Codex sobre grasas y aceites. Consultado en: <http://www.fao.org/docrep/meeting/005/X1736S/x1736s0a.htm>
- ISO (2007). Animal and vegetable fats and oils. Consultado en: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm%3Fcsnumber%3D39158
- ISO. (2013). Animal and vegetable fats and oils: Consultado en: <https://www.iso.org/obp/ui/>
- Kumar, R., Tiwari. P. & Garg, S. (2013). Alkali transesterification of linseed oil for biodiesel production. *Fuel*, 104, 553-560
- León, L. J. L., Troyo, D. E., Ortega, N. M. M. & López, G. F. (1999). "Caribe" (*Cnidoculus angustidens* Torr.), a promising oilseed geophyte from north-west Mexico. *Journal of Arid Environments*, 41, 299–308.
- Marroquín, A. L., Cuevas, S. J. A., Guerra, R. D., Reyes, L., Reyes, C. A. &

- Reyes, T. B., (2011). Proximate composition, mineral nutrient and fatty acids of the seed of ilama, *Annona diversifolia* Saff. *Scientific Research and Essays* 6(14), 3089-3093
- Mofijur, M., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Hazrat, M. A., Liaquat, A. M., Shahabuddin, M. & Varman, M. (2012). Prospects of biodiesel from *Jatropha* in Malaysia. *Renewable Sustainable Energy Reviews*, 16, 5007-5020.
- Reyes, T. B., Guerra, R. D., Cuevas, S. J. A., Vázquez, P. V., Reyes, L. J. y Reyes, C. A. (2013). Obtención del aceite de semillas de mala mujer (*Cnidoscolus multilobus*) y su transformación a biodiesel. In: Pérez, V. A. y García, P. E. (Eds.), *Energía Alternativa y Biocombustible: Innovación e investigación para un desarrollo sustentable* (pp. 224). Montecillo, Texcoco, Estado de México, Colegio de Postgraduados de Ciencias Agrícolas.
- Reyes, T. B., Guerra, R. D., Zuleta, P. H., Cuevas, S. J. A., Reyes, L., Reyes, C. A. & Rodríguez, S. J. A. (2014). *Annona diversifolia* seed oil as a promising non-edible feedstock for biodiesel production. *Industrial Crops and Products* 52, 400-404.
- Rodríguez, A. M., Sandoval, R. J. & Zeferino, D. R. (2010). Extraction and characterization of oils from three Mexican *Jatropha* species. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 54(2), 88-91
- Santos, J. C. O., Dantas, J. P., Medeiros, C. A., Athaíde, F. P. Conceição M. M., Santos Jr. J. R. & Souza, A. G. (2005). Thermal analysis in sustainable development: Thermoanalytical study of faveleira seeds (*Cnidoscolus quercifolius*). *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 79, 271–275
- UNE-EN 14214. (2013). Productos petrolíferos líquidos. Ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) para motores diesel y equipos de calefacción. Requisitos y métodos de ensayo. Consultado en: www.infinita.eu/download.php?file=norma_en_14214_AC_21.pdf

APÉNDICE

Carúncula: Arilo micropilar de pequeñas dimensiones como el que se observa en las semillas de las euforbias, polígamas, entre otras.

Tricoma: Cualquier excrecencia epidérmica, sea de la forma que sea, que constituye a modo de un resalto en la superficie de los órganos vegetales.

Rostrado: Picudo que remata en punta a modo de pico, como la corola de *pedicularis rostrata*.

Glabro (a): Sin pelo. Desprovisto absolutamente de pelo.

Pedúnculo: Rabillo de una flor en inflorescencia simple o de una inflorescencia.

Monoíco: Alude a la distribución de los órganos sexuales en flores distintas, pero sobre el mismo pie.

Dehiscente: Término que se ocupa para referirse a los frutos que se abren.

Dehiscencia longitudinal: En el que la fisura de las paredes carpelares empieza en la parte superior del fruto y continúa hacia abajo, como la mayoría de las capsulas.

Alógama: Plantas que poseen fecundación cruzada, el polen llega al estigma procedente de otra flor, tanto si ésta pertenece al mismo pie como si corresponde a otro ejemplar de la misma especie. Se opone a la autogamia.