

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



BROMATOLOGÍA DE LA VAINA DE MEZQUITE (*Prosopis spp.*) COMO ALTERNATIVA PARA CONSUMO SUSTENTABLE EN LA COMARCA LAGUNERA.

P O R

HORACIO ROMÁN PÉREZ

MONOGRAFÍA

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

BROMATOLOGÍA DE LA VAINA DE MEZQUITE (*Prosopis spp.*)
COMO ALTERNATIVA PARA CONSUMO SUSTENTABLE EN LA
COMARCA LAGUNERA.

POR

HORACIO ROMÁN PÉREZ

MONOGRAFÍA

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR:

Presidente:


M. C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS


Vocal:


M. C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ

Vocal:


Dr. ALFREDO OGAZ

Vocal:


M. C. FEDERICO VEGA SOTELO


M. E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**BROMATOLOGÍA DE LA VAINA DE MEZQUITE (*Prosopis spp.*)
COMO ALTERNATIVA PARA CONSUMO SUSTENTABLE EN LA
COMARCA LAGUNERA.**

POR

HORACIO ROMÁN PÉREZ

MONOGRAFÍA

QUE SOMETE A CONSIDERACIÓN EL COMITÉ ASESOR, COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR:

ASESOR
PRINCIPAL:


M. C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS

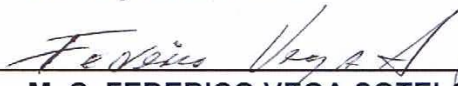
ASESOR:


M. C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ

ASESOR:


Dr. ALFREDO OGAZ

ASESOR:


M. C. FEDERICO VEGA SOTELO


M. E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

FEBRERO DE 2016

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, al forjador de mi camino el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo, al creador de mis padres y a las personas que más amo con mi más sincero amor, gracias dios.

A mis padres **Guillermo Román Sánchez** quien ya no está con nosotros físicamente pero desde el cielo me cuida, a mi madre **Gabriela Pérez Pérez**, a ella gracias, porque también hizo el papel de padre durante mi carrera y siempre estuvo ahí apoyándome y nunca descuido de mí.

A **mis hermanos**, por haber confiado en mí, gracias por su paciencia y por preocuparse por mí durante estos años, a ellos que han sabido formarme con buenos hábitos, sentimientos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles.

A mi “ **ALMA TERRA MATER**” por haberme dado la oportunidad de estudiar en sus instalaciones, por cada uno de sus beneficios, también por su generosidad y grandeza, por haberme cobijado en su seno y dado la oportunidad de superarme formando de ella para que yo sea un profesionista responsable y comprometido con el agro mexicano.

A mis asesores, **M.C. Fortino Domínguez Pérez, M.C. Federico Vega Sotelo, Dr. Alfredo Ogaz**, por sus conocimientos, por apoyarme y por ser parte de este trabajo, pero en especial al **M.C. Eduardo Blanco Contreras**, por su capacidad profesional, tiempo, dedicación, y comprensión que me brindó para llevar a cabo este trabajo, pero sobre todo por ser un gran amigo.

A **mis maestros** con los cuales conviví dentro de las aulas de clases aportándome sus conocimientos para mi formación personal.

DEDICATORIA

Al **creador** de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado, por ello y por muchas cosas más, con toda la humildad que emana de mi corazón dedico primeramente mi trabajo a dios.

De igual forma, dedico este trabajo a mi **madre** y a mis **hermanos**, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

Y a mis **amigos**, en especial a **Roger Isel Velásquez** y **Samuel A. Ramírez** que gracias a su apoyo y su amistad que un día me dieron hicieron de esta experiencia una de las más especiales.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
INDICE	iii
RESUMEN	v
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general	3
2. EVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades.....	4
2.2. El mezquite	6
2.2.1. Descripción botánica.....	6
2.2.2. Partes del mezquite.....	7
2.3. Mezquite en México.	9
2.3.1. Distribución en México.....	9
2.3.2. El mezquite en la Comarca Lagunera	12
2.4. Especies locales de mezquite	12
2.4.1. <i>Prosopis laevigata</i>	13
2.4.2. <i>Prosopis glandulosa. var. glandulosa</i>	14
2.4.3. <i>Prosopis glandulosa var. Torreyana</i>	14
2.5. Usos e importancia económica del mezquite	15
2.5.1. Alimentación animal	16
2.5.2. Alimentación humana	18
2.5.3. Uso medicinal.....	19
2.5.4. Goma	20
2.5.5. Uso forestal.....	21
2.5.6. Servicio ambiental	23
2.5.7. Harina	24
2.6. Análisis bromatológico	25
2.6.1. Análisis químico proximal.....	25
2.6.2. Contenido de humedad	27
2.6.3. Proteínas.....	29
2.6.4. Carbohidratos.....	31
2.6.5. Minerales.....	33

2.6.6.	Fibra de la vaina	35
2.7.	Manejo sustentable del mezquite	37
2.7.1.	Sustentabilidad.....	37
2.7.2.	Consumo humano	41
2.7.3.	Consumo animal.....	43
3.	DISCUSIÓN.....	46
4.	CONCLUSIÓN.....	51

RESUMEN

El mezquite (*Prosopis spp.*) árbol rara vez arbusto, se encuentra en zonas áridas y semiáridas, su nombre proviene de la palabra Azteca “Misquitl”, en México. El mezquite es adaptable a condiciones de aridez y variada altura sobre el nivel del mar. Debido al mínimo requerimiento de agua, gracias a su sistema radicular, el mezquite reviste gran importancia en las zonas con precipitaciones menores a los 250 a 500 mm anuales las cuales en México están presentadas por el 40% del territorio; es decir, 79 millones de km² aproximadamente. El mezquite desde tiempos remotos sigue siendo uno de los principales recursos naturales para los habitantes de las regiones desérticas en el norte de México, quienes encontraron esta planta múltiples beneficios. En las poblaciones rurales, la vaina es utilizada como forraje y consumo principalmente en secas o molidas esto debido a que son dulce y tienen un apreciable valor proteico, la madera la utilizan en forma de leña, carbón, elaboración de postes, cercos, muebles, artesanías, casas, hormas para zapatos. Como alimento humano se consumen las vainas en fruta fresca, fruta conservada en su propio jugo dulce, como bebidas fermentadas, pinole, queso, piloncillo, atole y harinas. El presente estudio se realizó para describir la bromatología de la vaina de mezquite como consumo alternativo sustentable en La Comarca Lagunera y sus especies de *Prosopis* locales más representativas en México, tales como *P. glandulosa var. glandulosa*, *P. laevigata*, *P. glandulosa var. torreyana*. Se realizó una amplia consulta de literatura para recabar la información necesaria, logrando documentar los usos, la bromatología y otros beneficios de estos árboles gracias a estudios realizados recientemente. El uso alimenticio se remonta a vestigios de hace 11 500 años. De la misma manera se concluye que hoy en día se han dejado de usar ampliamente como alimentario, aunque es altamente recomendable para consumo humano. También se plantea la necesidad de un manejo sustentable de este recurso natural, que contribuya a disminuir la

desertificación y a la generación de empleos, reduciendo la emigración del campo a las ciudades entre otros problemas de índole social.

Palabras clave: Mezquite, Bromatología, Vaina, Consumo humano, Sustentabilidad.

1. INTRODUCCIÓN

El mezquite es un recurso de primordial importancia desde tiempos remotos, para los primeros habitantes de las zonas áridas y semiáridas. Debido a los diferentes usos que cada grupo le daba. Estos pueblos nómadas, que vivían de la recolección y la caza, conocieron la utilidad del mezquite como alimento, combustible, sombra, planta medicinal y para la elaboración de diversos utensilios y juguetes. Ya en el siglo XIX se le encontraron otros usos como: forraje, carbón, apicultura, extracción de gomas y material para la construcción de viviendas. Todos ellos han continuado a lo largo del siglo xx, lo cual ha hecho del mezquite un recurso de gran importancia para los habitantes de las zonas áridas y semiáridas del país (Rodríguez *et al.*, 2014).

Otros beneficios de las poblaciones de mezquite es su aporte como fuente de forraje para el ganado doméstico y fauna silvestre debido a su contenido nutricional, uso más conocido en las zonas rurales; las flores son eventuales productoras de polen y néctar para la producción de miel y cera en las explotaciones apícolas; además, la planta excreta una goma de uso medicinal e industrial, la cual puede sustituir a la goma arábiga obtenida del género *Acacia*. Desde el punto de vista ecológico, los mezquiales son importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, son el hábitat para una buena cantidad de fauna silvestre y mejoran la estética del paisaje (Meza & Osuna, 2003). Cabe hacer mención, que en Coahuila, existe una casa comercial que produce compuestos balanceados a base de vaina de mezquite, para la alimentación de ganado en la región; sin embargo el fruto se aprovecha en forma directa y sin control (Resendez., 2014).

En la actualidad, el mezquite es un recurso de gran importancia para los pobladores de las regiones áridas, quienes llevan a cabo su aprovechamiento como una actividad complementaria a la agricultura, la ganadería y la explotación de otras especies silvícolas. Sin embargo, en muchas áreas del país su densidad poblacional ha disminuido severamente, por lo que resulta necesario fomentar un

aprovechamiento sustentable, que conlleve a generar beneficios económicos para los poseedores de este recurso, sin el deterioro y desaparición de las poblaciones nativas de mezquite (Morales & Arrequín, 2010).

1.1. Objetivo general

Realizar un estudio bibliográfico acerca de la bromatología de la vaina de mezquite como alternativa de consumo en la Comarca Lagunera.

2. EVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades

Desde épocas remotas, el mezquite (*Prosopis sp.*) ha constituido un recurso valioso para los habitantes de zonas áridas, quienes encontraron en él múltiples beneficios, ya que todas las partes de la planta son susceptibles de ser utilizadas. Ha sido considerado como un denominador cultural común para los pueblos nómadas de cazadores-recolectores que habitaron el norte de México y el sur de Estados Unidos (Rodríguez *et al*, 2014).

Su utilización ha continuado a través de largo tiempo, representando para los indígenas, colonizadores y pioneros, uno de los recursos vegetales más útiles, ya que de él han obtenido: leña, carbón, goma, materiales de construcción, alimento, forraje, néctar para la apicultura, sombra, herramientas de trabajo, medicina y juguetes. Además, destaca el papel ecológico del mezquite, ya que es un excelente fijador del suelo y por lo tanto, controlador de la erosión; es fijador de nitrógeno, lo cual mejora la fertilidad del suelo; proporciona alimento y refugio a la fauna silvestre; y actúa como indicador de profundidad del manto freático (freatofita) (Arnero, 2015).

El género *Prosopis* 44 especies son reconocidas. Cuatro de ellas se distribuyen en el viejo mundo y África, mientras que las cuarenta restantes a lo largo del continente Americano, desde de Norte América hasta la Patagonia. Argentina parece ser el centro de origen primario de este género mientras que México un centro de origen secundario. En los Estados Unidos y México se distribuyen 8 especies, mientras que en América del sur 32 especies, 28 de las cuales se hallan en Argentina. De éstas últimas, 13 especies son endémicas de dicho país (Capparelli, 2008).

Algarrobo es el nombre más usado para los árboles de *Prosopis* en Sudamérica y sus frutos o vainas son llamados algarrobas. El nombre algarrobo es también usado en España para el árbol *Ceratonia siliqua*, lo cual a veces causa confusión. Los españoles dieron al *P. pallida* el mismo nombre cuando arribaron a Perú en

1532, debido a la semejanza de sus frutos. En Norteamérica las especies de *Prosopis* son conocidas como mesquit o mezquite, y sus frutos presentan considerables diferencias en forma y sabor (Prokopiuk, 2004).

El fruto de varias especies de *Prosopis* es empleado en la elaboración de diversos alimentos en distintas partes del mundo, tales como África: *P. african*, México y sur oeste de U.S.A.: *P. glandulosa torreyana*, *P. velutina* Wooton, *P. laevigata*, *P. juliflora*, Chile, Perú, Bolivia y Paraguay: *P. chilensis*, *P. pallida* y Argentina: *P. alba*, *P. nigra*, *P. flexuosa*, *P. chilensis*, *P. ruscifolia*, *P. vinalillo*, *P. elata*, *P. torquata*, *P. hassleri*, *P. ferox* (Capparelli, 2008).

En el Valle de Hualfín argentina, la harina de mezquite es usada para hacer una especie de pan patay, una bebida no alcohólica añapa, otra bebida alcohólica aloja y una especie de lejía llamada ulpo que los pastores tomaban mientras alimentaban a su ganado (Álvarez & Villagra, 2009; Capparelli, 2008).

Entre los productos elaborados a partir de los mismos se incluyen: panes; jaleas, bebidas con y sin alcohol, vainas simplemente hervidas y harina tostada o desleída en agua. En el Viejo Mundo, de donde se han recuperado semillas datadas en 11500 años, su uso prehistórico como alimento ha sido recientemente confirmado a través del análisis químico, en la que se identificaron restos de azúcares (Capparelli, 2008).

El aprovechamiento del mezquite es una actividad antigua entre las comunidades indígenas y las poblaciones rurales del norte de México. Por ejemplo, en el estado de Sonora los yaquis lo utilizan en la construcción de viviendas, cercos, corrales, como medicina y alimento. Los Mayos consideran al mezquite como símbolo espiritual, la dureza de la madera representa la fortaleza espiritual y forma diaria de vivir. La comunidad Seri, lo utiliza como alimento, moliendo las vainas secas en morteros de piedra caliza para obtener harina, la cual contiene el 28.7% de proteína (Rodríguez, 2014).

Además, desde un punto de vista ecológico, las especies de este género juegan un papel importante en el control de la erosión, así como la fertilidad del suelo,

debido a su capacidad de fijar el N atmosférico (Carevic *et al.*, 2012). No obstante, que la diversidad florística de las comunidades arbustivas de zonas áridas es moderada (6000 especies descritas), éstas, aún poseen un considerable potencial de recursos naturales considerados como forestales, susceptibles de ser aprovechados de manera racional y sostenible, para contribuir al mejoramiento de los niveles de vida del sector rural, en particular, ya que ofrecen múltiples alternativas de utilización (Cervantes, 2005).

2.2. El mezquite

2.2.1. Descripción botánica

El mezquite es un árbol o arbusto especie botánica de plantas espinosas leguminosas que pertenecen a la familia *Leguminosae*, subfamilia *Mimosoideae*, y género *Prosopis*, los cuales se distribuyen principalmente en las zonas áridas y semiáridas del mundo. Este género está representado por arbustos de tamaño mediano o árboles frondosos de tronco mediano, aunque en sitios de buena disponibilidad de agua, puede alcanzar hasta los 20 m de altura y diámetros mayores a 1 m. Todas las especies del género presentan troncos sencillos debido a que tienen una fuerte tendencia a la dominancia apical y en consecuencia con buen desarrollo de la copa. Su nombre proviene de la palabra azteca “misquitl”, tienen hojas angostas, bipinnadas compuestas, de 5 a 7,5 cm de largo, con puntas suaves y espinas en sus ramas (Valenzuela *et al.*, 2011).

Se conocen más de 40 especies, distribuidas en tres continentes: América, Asia y África. Algunos nombres comunes con que se ha denominado son: algarrobo, nacascal, mezquite en México, Campeche en Guatemala, carbón en El Salvador, acacia de Catarina en Nicaragua y aromo en Panamá (Rodríguez *et al.*, 2014).

Todas las especies de *Prosopis* son leguminosas arbóreas o arbustivas que presentan gran resistencia a la sequía y a la salinidad, y tienen alta capacidad de fijar nitrógeno. Sus frutos son legumbres con alto contenido de proteínas e hidratos de carbono, que varían en tamaño, color y características químicas, según la especie. Esto hace que su cultivo sea recomendado con una doble

finalidad: detener el avance de la desertificación y erosión del suelo en zonas áridas y semiáridas, y utilizar sus frutos para alimentación humana y animal en países en desarrollo (Prokopiuk, 2004).

Para el establecimiento del mezquite el sustrato es sin duda más importante que el clima, los suelos de los mezquites son siempre profundos, de reacción alcalina (pH de 6.5 a 10.4), de estructura granular, y medianamente ricos en materia orgánica (2 a 5%), sin embargo también se puede desarrollar en lugares arenosos, pedregosos, y aún en llanuras salinas y sobre dunas secas (Sáez *et al.*, 2004).

2.2.2. Partes del mezquite

Raíz; posee un sistema radical amplio y profundo. Su raíz principal puede alcanzar profundidades de más de 50 m, y sus raíces laterales se extienden hasta 15 m a los lados del árbol.

Tronco y ramas; tronco de corteza oscura o negruzca; ramas flexuosas formando una copa esférica o deprimida. Los tallos más delgados son espinosos, frecuentemente áfilos y provistos de abundante parénquima cortical que hace las funciones de hojas atrofiadas o caducas. Espinas generalmente abundantes, axilares o terminales.

Hojas; son compuestas bipinnadas, con 12 a 15 pares de folíolos oblongos o lineares, de 5 a 10 mm de largo, más o menos persistentes, pero caducas en el invierno, tiene pequeñas estipulas que luego secan y caen. Únicamente presenta un par de pinnas por hoja. La época de formación de renuevos se extiende desde marzo hasta mayo; los folíolos permanecen en la planta de abril a diciembre. Dichas hojas contienen grandes cantidades de nitrógeno y por lo tanto son nutritivas; sin embargo, el ganado no consume el follaje en gran cantidad. Para los rumiantes las vainas y hojas son una fuente económica importante de alimentación (López, 2013).

Flores; de color amarillo verdoso, se encuentran agrupadas en inflorescencias en racimos en forma de espiga; las flores son sumamente pequeñas, miden de 4 a 10

mm y están situadas sobre pedúnculos de 1 a 2 mm, producen un aroma y néctar agradable, indispensable para la polinización. Son bisexuales, actinomorfas, con 5 sépalos, 5 pétalos y 10 estambres.

Semilla; es de forma oblonga o aplastada, dura, su coloración varía desde el café claro al oscuro, según la especie, variedad, y el sitio donde se produce. La diseminación de las semillas es zoófila y endozóica, es decir a través del tracto digestivo de animales. Sus semillas conforman una parte importante de la dieta de algunos animales como los ratones, ratas canguro, ratas de madera (*Neotoma*), tejones, bovinos, caprinos, etc. También utilizadas ampliamente en la industria de alimentos como agentes espesantes y como estabilizantes de helado y otros productos (Ruiz, 2011).

Vaina: fruto o legumbres del mezquite en forma drupáceo; alargadas, rectas o arqueadas y en algunos casos en forma de espiral, indehiscentes, de 3 a 30 cm de longitud, pueden ser planas o cilíndricas en la madurez, y contienen de 12 a 20 semillas; la cáscara o pericarpio es coriácea, de color paja a rojizo-violáceo. La fructificación se extiende durante los meses de mayo a agosto (Ruiz, 2011).

La vaina de mezquite está constituida por tres capas: la capa externa, llamada pericarpio o exocarpio, es delgada, lisa, cerreosa, relativamente blanda y de un color variado, cuando madura puede ser manchada, amarilla, café, roja o negra; la capa media o mesocarpio, que se encuentra debajo de la capa de la capa externa, es semicarnosa, dulce y la capa interna o endocarpio que se encuentra rodeando a las semillas sirviéndolas de protección por ser dura (Resendez, 2014).

Las vainas se desarrollan en cuanto la flor ha sido fecundada, empiezan a madurar en el mes de junio, en tal forma que para el mes de agosto han adquirido una forma abultada y toman un color paja. La cosecha se realiza a partir de agosto hasta el mes de octubre (Ruiz, 2011).

El exocarpio y mesocarpio pueden ser utilizados para la elaboración de productos alimenticios como: sucedáneo de café, polvo soluble instantáneo, productos de

panadería; para la obtención de alcohol por fermentación, de proteína enriquecida y de fibra dietética (Prokopiuk, 2004).

El endocarpio se puede utilizar como combustible y forraje para la alimentación de ganado. La semilla está constituida por el epispermo que es la cubierta de la semilla, de color café y delgado, el endospermo y el cotiledón. Del endospermo se puede obtener una goma y del cotiledón proteína. Los rendimientos de producción de vaina por árbol varían entre los 15 y 20 Kilogramos y de una hectárea entre 4500 y 5000 kilogramos, dependiendo de la especie (Prokopiuk, 2004; Prokopiuk *et al.*, 2000).

De acuerdo a los diversos estudios, la vaina contiene de 9 a 17 % de proteína, 47% de carbohidratos, de 3 a 5% de cenizas, 2.8% de grasas y 17 a 30 de fibra cruda, dependiendo de la especie (Carrillo *et al.*, 2007; Ruiz, 2011). Cualidades que hacen que sean consumida como fruta fresca o hervida en su miel, y seca se obtiene una harina dulce que se puede consumir como: pinole, galletas, pan, pasteles, atoles o como sustituto del café; también se puede hacer piloncillo. La vaina del mezquite se utiliza también en la alimentación del ganado lechero y ganado de engorda (Carrillo *et al.*, 2007).

Los municipios en los cuales se recolectan grandes cantidades de vaina son: Matehuala, Cedral, Villa de Guadalupe, Charcas, Venado, Moctezuma, Ahualulco y Cerritos. Dentro de estos municipios el aprovechamiento del fruto del mezquite se lleva a cabo mediante la recolección manual de la vaina; aunque comúnmente las vainas son retiradas de los árboles, se da el caso de la recolección en el piso (Ruiz, 2011).

2.3. Mezquite en México.

2.3.1. Distribución en México

México posee una amplia extensión de zonas áridas y semiáridas, alrededor de 56 millones de hectáreas, respectivamente, que en conjunto, representan más de 40% de la superficie total del territorio mexicano. Actualmente se encuentra

establecido en más de 3.5 millones de hectáreas del Norte de México e incluye las siguientes especies autóctonas: *P. glandulosa*, *P. juliflora*, *P. velutina*, *P. pubescens*, *P. reptans*, *P. articulata*, *P. tamaulipana*, *P. palmeri* y *P. laevigata* (Rodríguez *et al.*, 2014).

Estas zonas, se caracterizan por ser apropiadas para el desarrollo del mezquite, ya que esta especie, puede crecer en lugares con lluvias menores a los 100 mm anuales y soportar temperaturas máximas promedio superiores a 40 °C. El mezquite se identificado como un recurso que puede ser aprovechado para mejorar los niveles de vida de las regiones, debido a su alto potencial económico que posee, pues su madera es usada como combustible, sus vainas como forraje y como alimento para el hombre; produce resina que tiene uso en la fabricación de pegamentos, barnices, mientras sus flores son importantes en la producción de miel (Rodríguez *et al.*, 2014).

El mezquite en el Norte de México y Sur de Estados Unidos de Norteamérica se menciona la presencia de *P. glandulosa* con dos variedades: *P. glandulosa* var. *Glandulosa* en el Este y *P. glandulosa* var. *torreyana* en el Oeste (Johnston, 1962 en: Palacios, 2006).

Su distribución comprende casi todo el territorio mexicano, con excepción de las zonas montañosas y las partes bajas del sureste del país; es particularmente en zonas áridas y semiáridas aunque su amplio rango ecológico le permite ser localizado en zonas con temperaturas medias que van de 20 a 29°C, con precipitaciones que oscilan entre 350 y 1, 200 mm anuales. Se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 2,200 m de altitud; crece preferentemente en llanuras y bajíos, sobre suelos profundos (García *et al.*, 2014).

Los estados de la república que destacan por su producción forestal de mezquite son: Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León destacan por su producción forestal de mezquite; con menor importancia se ubican Aguascalientes, Baja California Sur, Chihuahua, Jalisco, Querétaro y Sinaloa (Cervantes, 2005).

La superficie para la distribución del mezquite en las estado de Chihuahua, Durango, Zacatecas, y Coahuila alcanzo las 262, 193 ha. Se registró disminución considerable en la superficie ocupada por el chaparral de 659.979 ha y en el caso de mezquite la reducción alcanzo cifras de 59,475 ha y una tasa anual de deforestación de 5,947 ha. El decremento de la superficie ocupada por mezquite en Chihuahua, Coahuila, Durango, y Zacatecas se relacionó con el aprovechamiento desordenado de esta especie para su uso como leña y carbón. Se comprobó el efecto negativo de la industria carbonera sobre la superficie regional de mezquite, ya que se registró una tasa mayor de deforestación en Coahuila, donde existen importantes áreas carboneras (Arnero, 2015).

En el estado de Coahuila existen 73,868 ha cubiertas por rodales puros de mezquite y 3, 803,149 ha son ocupadas por matorral desértico micrófilo, en el que también se desarrolla el género *Prosopis* en los municipios de Viesca y San Pedro de las Colonias, una densidad de población de 867 y 567 individuos/ha, respectivamente, un porcentaje de individuos comerciales de 35.23 y 27.84 % de manera respectiva y 1.64 y 39.71 m³ ha⁻¹ de madera comercial (Valenzuela *et al.*, 2011).

En el estado de Durango se reportan 555,878 Ha. de aprovechamiento de mezquite, en los municipios de: Tlahualilo, Lerdo, Indé, Cuencamé, San Pedro del Gallo, San Juan de Guadalupe, Peñón Blanco, El Oro, Rodeo, Durango, Simón Bolívar, y Nazas, donde los productos obtenidos son principalmente: el carbón, brazuelo y leña en raja (Flores *et al.*, 2007)

Se estima que la producción anual de vaina en el altiplano potosino varia de 4 a 50 kg/árbol, en densidades de 200 a 2200 kg/ha, sin embargo se considera que solo el 15% de los arboles producen cantidades apreciables de vaina. Esto puede mejorar bajo ciertas técnicas (selección genética y la plantación de individuos superiores, aclareos y manejo del rodal) para incrementar los rendimientos de la vaina por hectárea (Arnero, 2015).

2.3.2. El mezquite en la Comarca Lagunera

La comarca Lagunera ubicada en el Centro Norte de México, está conformada por 15 municipios, diez de ellos del estado de Durango y 5 del estado de Coahuila. Debe su nombre a las anteriores existentes trece lagunas en el área, entre las que estaba la Laguna Mayran, la más grande de América Latina que se alimentaba de los ríos Nazas y el Aguanaval. Los aprovechamientos forestales de las zonas áridas del estado son precarios y se limitan a la recolección de un limitado número de productos que ofrece la vegetación natural algunas especies forestales que se han aprovechado en la entidad son el mezquite (*Prosopis glandulosa*), la candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*), guayule (*Parthium argentatum*), palma samandoca (*Yucca carnerosana*), palma china (*Yucca filifera*), orégano (*Lippia graveolens*), maguey (*Agave altrovirens*), sotol (*Dasyllirion cedrosanum*) y algunas cactáceas de ornato, entre otras (Zarate, 2011).

El mezquite es uno de los recursos bióticos con potencial de aprovechamiento de la comarca lagunera. Las comunidades vegetales representativas de la zona, posee un gran potencial y tiene diversos usos, la población del lugar obtiene servicios como alimento, forraje, materiales para la construcción, medicinales e industriales.

Otra característica importante de esta especie desde el punto de vista ecológico lo constituye el papel que juega dentro del ecosistema de las zonas áridas, dado que es excelente controlador de la erosión, fija nitrógeno de la atmósfera al suelo mejorando su fertilidad, proporciona alimento y refugio a la fauna silvestre y mejora la calidad estética del paisaje. Dada su importancia económica, ecológica y social, su aprovechamiento debe considerarse tomando en cuenta un programa de manejo que garantice la sustentabilidad del recurso (Carrillo *et al.*, 2007).

2.4. Especies locales de mezquite

Palacios (2006) en su estudio sobre la distribución de los mezquites mexicanos menciona y describe 11 especies y su lugar de distribución, especies que en la

actualidad son estimadas por pobladores que reconocen las cualidades de estos árboles.

P. odorata (Baja California Norte, Sonora, Chihuahua, Tamaulipas, Nuevo León y Zacatecas)

P. Glandulosa (Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas)

P. glandulosa var. glandulosa (Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí., Chihuahua. Texas y Veracruz.) (Rzedowski, 1988).

P. velutina (Sonora)

P. articulata (Sonora y Baja California Sur)

P. tamaulipana (Tamaulipas, Nuevo León, San Luis Potosí y Veracruz)

P. yaquiana sp. nov. (Sonora, Baja California Sur y Sinaloa)

P. vidaliana (Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas)

P. laevigata (Nuevo León, Durango, Tamaulipas, Zacatecas, San Luis Potosí, Aguas Calientes, Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán, México, Morelos, Puebla, Guerrero, Oaxaca y Chiapas)

P. mezcalina sp. nov. (Guerrero y Michoacán), *P. mayana sp. nov.* (Yucatán) *P. juliflora* (Yucatán) (Palacios, 2006).

De las cuales se describen a continuación algunas de ellas por ser las especies con mayor distribución geográfica en el territorio Mexicano y locales en la región lagunera (Palacios, 2006; Ruiz, 2011).

2.4.1. *Prosopis laevigata*

Árbol, aproximadamente, de hasta 15 m de altura. Ramas jóvenes y follaje glabros. Hojas 1-2 yugadas, pinnas 20-40 yugadas; folíolos de 6-10 (12) mm longitud x 1,5-3 mm latitud; venación broquidódroma, vena media centrada, muy ancha, recorrido recto, venas secundarias muy manifiestas, formando ángulos de 45° a 90° con la vena media, uniéndose con la secundaria suprayacente, áreas

intercostales cuadrangulares. Inflorescencia de unos 10 cm de longitud. Legumbre de 12-17 cm longitud x 1-1,4 cm de latitud, amarilla y con manchas estriadas longitudinales violáceas; semillas de contorno aovado a elíptico de 5,5-6,5 mm longitud x 3,5-4,6 mm latitud x 2,0-2,8 mm espesor (Resendez, 2014).

2.4.2. *Prosopis glandulosa*. var. *glandulosa*

Árbol o arbusto de 1 a 20 m de altura; espinas nodales usualmente en pares; peciolo de 5-8(-10) cm longitud; peciolo y raquis extendidos 2-15 cm longitud; pinnas 1 par; hjla. 6-15 (17) pares por pinna, obovada, oblongas a estrechas, glabras y de (1.59 3.0-4.5 (6.2) cm longitud. y (1) 2-3 (5) mm ancho o 8-15 veces más largas que ancho, 7-18 mm longitud. distantes en entre cada hjla.; inflorescencias espigas de 3-7 cm log. pedunculadas, color amarillo crema verdoso; ca. de 1mm longitud., co. 3 mm de longitud., glabra, pubescente en el interior; fruto. de 10-20 (30) cm longitud. y 4-9(13) mm ancho, ligeramente apretadas entre las semillas., cuspidado en el ápice, aplanado o subgloboso, submoniliforme, color amarillo verde o café claro; semillas. 3-21 (25) por fruto. En matorrales, bosque de prosopis, en valles, en Kansas, Nev, Tex, Okla, N.M, Chih, N.L, Tamps, Ver, Yuc, Puerto Rico y en Coahuila se distribuye en todo el estado (Carranza & Villarreal, 1997)

2.4.3. *Prosopis glandulosa* var. *Torreyana*

Es un arbusto o árbol pequeño de espinas grandes que alcanza una altura de 7 a 12 metros; en suelos arenosos crece como arbusto; presenta flores en racimos de 5 a 12 cm de largo, color amarillo-verdoso, la vaina madura es recta o ligeramente curva y aplanada, color amarillo o rojizo, de 10 a 20 cm de largo, 1 a 1.15 cm de ancho y 0.5 cm de espesor, contiene semillas ovaladas color café claro de 5 mm de ancho, 7 mm de largo y 2 mm de espesor (Palacios, 2006;Ríos *et al.*, 2013)

El fruto es una vaina, alargada, recto o arqueado y espiralado en algunos casos, indehisciente puede ser plano o cilíndrico en la madurez, 10 a 25 cm de longitud y de 1 a 1.5 cm de ancho y contiene de 12 a 20 semillas, de color paja cuando maduran (Palacios, 2006; Ruiz, 2011).

Las hojas tienen de 6 a 20 pares de folíolos espaciados de 8 a 16 mm de longitud. Crece bien a lo largo de los drenajes en zonas donde la lluvia es inferior a los 150 mm y persiste sobre las tierras altas, sobre áreas neutras y alcalinas donde la lluvia supera los 750 mm. Se la encuentra en alturas de 1500 m en áreas donde hay más de 200 días sin heladas. El árbol es apto para forraje de ganado y para leña. Es también una excelente fuente de néctar para abejas (Ruiz, 2011; Ozuna & Meza 2003).

2.5. Usos e importancia económica del mezquite

El uso más conocido del fruto del mezquite es para alimentar ganado bovino, porcino y ovino para incrementar la producción de leche o para engorda. Cabe hacer mención, que en Coahuila, existe una casa comercial que produce compuestos balanceados a base de vaina de mezquite, para la alimentación de ganado en la región; sin embargo el fruto se aprovecha en forma directa y sin control (Resendez., 2014).

La madera de mezquite es fuerte y durable, buena para la fabricación de muebles, puertas, ventanas, pisos, objetos decorativos, artesanías y excelente como leña y carbón; se considera como una de las maderas dimensionalmente más estables, con un coeficiente de contracción total de 4 a 5%, comparado con el 8 a 15% de otras maderas duras; su valor calorífico es de unas 5000 kcal kg⁻¹; la gravedad específica varía de 0.7 a 1.0, con valores en la densidad de la madera de 700 a 1200 kg m⁻³. La producción de leña y carbón en nuestro país, presentó un incremento de casi un 50% de 1990 al 2001 con 704 mil m³ en este año y se

estima que en ese periodo unos 27.4 millones de personas utilizaron leña, 63.8% en el medio rural y el resto en zonas urbanas.

Por otra parte, en los Estados Unidos de Norteamérica en 1995 se requirieron alrededor de 14 mil toneladas de mezquite procesado, con ventas de unos seis millones de dólares en la industria para la preparación de alimentos (barbecue) y con un gran potencial en la industria de comprimidos de carbón con una derrama económica de 400 millones de dólares.

Otros beneficios de las poblaciones de mezquite es su aporte como fuente de forraje para el ganado doméstico y fauna silvestre; las flores son eventuales productoras de polen y néctar para la producción de miel y cera en las explotaciones apícolas; además, la planta excreta una goma de uso medicinal e industrial, la cual puede sustituir a la goma arábica obtenida del género *Acacia* (Osuna & Meza, 2003).

2.5.1. Alimentación animal

Los frutos de *Prosopis* spp. Son una importante fuente de alimento para los animales debido a su alto valor nutricional, cuyos componentes clave se encuentran distribuidos en el fruto. Los carbohidratos se presentan en el mesocarpio, las proteínas se encuentran en las semillas, lo que hace más difícil su extracción (Llano *et al*, 2012)

Para los rumiantes las vainas y hojas son una fuente económica importante de alimentación (Ruiz, 2011). Los frutos de las *Prosopis* spp. Son considerados como importantes recursos alimenticios para los animales en regiones áridas y semiáridas del mundo, con un contenido de proteínas entre 11 y 17 g/100g MS teniendo como aminoácidos limitantes tirosina y metionina/cistina y de 13 a 34 g/100g MS de carbohidratos, siendo el principal azúcar la sacarosa, en la pulpa de la vaina del *P. pallida*, niveles en g / 100 g MS, de proteína: 4,01, extracto etéreo: 0,71, cenizas: 3,67 Los frutos de la algarroba *P. chilensis* presentan contenido de proteína de 11,48 g / 100 g MS y carbohidratos de 59 g/100 g MS (Gonzales *et al*, 2008).

El ganado a menudo corta las vainas de lo más alto que pueden alcanzar y/o se comen las que se encuentran tiradas en el suelo. Aunque las semillas tienen alta concentración de proteínas, éstas son mayormente no digeribles se recomienda triturar las vainas para obtener harina, de esta manera el animal se nutre del considerable contenido proteínico del endospermo de la semilla; se puede afirmar que el consumo de la vaina sin moler aporta un elevado contenido energético (aproximado 45% en azúcares), y si además se proporciona la semilla molida, se puede asimilar entre un 7 y 10% de proteínas (López, 2013)

Los estados del país donde se utiliza la vaina de mezquite como forraje en cantidad considerable son: San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila, Nuevo León y Puebla. En el Estado de San Luis Potosí, la gente del medio rural recoge las vainas del mezquite y las almacenan para uso del ganado durante los períodos de sequía.

En forma de harina tiene gran demanda para la ganadería estabulada o semiestabulada con razas lecheras o de engorda, como *Hereford*, *Angus*, *Aberdeen* y criollos; también se suministra a otros tipos de ganado, como al porcino y al caprino y, con menor intensidad, al caballo, asnal y mular (Rodríguez, 2014).

El forraje es otro de los beneficios que brinda esta especie, las vainas y ramillas tiernas son consumidas por el ganado, principalmente durante la época de escasez de forraje o durante los largos períodos de sequía. Las vainas de mezquite tienen valores de proteína que alcanzan promedios que varían de 9 a 17% según la especie (*P. velutina*: 17.8%; *P. glandulosa*: 15.1%; *P. alba*: 11.4%). Con respecto al contenido de azúcares varían de 15 a 40% (*P. velutina*: 25.5%; *P. glandulosa*: 38.3%; *P. alba*: 35.7%) (Ríos et al., 2013).

Harina de cotiledón de Algarrobo. Como se trata de un producto proteico nuevo, cuyo mercado es la alimentación de salmónidos. La harina de *P. juliflora* es una buena alternativa como ingrediente con otras harinas de mayor contenido proteico

(harina de pescado, harina de soya, harina de caraota) en la elaboración de alimentos balanceados para alevines de la Tilapia roja, *Oreochromis spp* (Urdaneta *et al*, 2012; Aedo, 2007).

2.5.2. Alimentación humana

Como alimento humano se consumen las vainas en forma de fruta fresca, fruta conservada en su propio jugo dulce, pinole de mezquite, queso de mezquite, piloncillo, atole, harinas o como bebidas fermentadas. La vaina seca es triturada, lo cual da una harina que puede ser mezclada con un poco de agua y consumida inmediatamente. El jugo extraído del fruto fresco con agua hervida puede ser añadido a la harina de maíz para formar avenate como bebida. La fermentación de los azúcares del fruto produce bebidas alcohólicas como: aloja, añapa y chicha. Las semillas son fermentadas para producir condimentos los cuales son consumidos por encima de 1.5 millones de gente (Gallegos *et al*, 2013).

(Gallegos *et al*, 2013), en su investigación demuestran que el pinole de mezquite (*Prosopis laevigata*) es una buena fuente de alimento para el ser humano.

Históricamente la vaina de mezquite ha sido un alimento básico e importante para los pueblos indígenas del Altiplano potosino. En la actualidad la vaina de mezquite sigue siendo utilizada como fuente de alimento por el 84.2% de encuestados, sin embargo de acuerdo a las respuestas recibidas su uso se ha reducido significativamente respecto a años anteriores (Ruiz, 2011).

La elaboración de bebidas, piloncillo, queso, pan o atole de vaina de mezquite, se realiza generalmente por personas mayores utilizando viejas recetas y costumbres de sus ancestros. Las nuevas generaciones consumen la vaina como fruta fresca, por lo que la tradición de preparar alimentos con vaina de mezquite empieza a perderse con el tiempo y en la mayoría de la veces estos solo llegan a encontrarse en tianguis de los municipios del norte de Altiplano potosino (Ruiz, 2011).

La harina de algarroba es un polvo fino (tamaño de partícula menor a (0.15 mm) que se obtiene de la molienda y tamizado de las vainas de algarroba, se utiliza en panadería y pastelería (Prokopiuk, 2004).

El café de algarroba se obtiene del tostado y molienda de las vainas de algarroba tiene un sabor y aroma parecidos al del café común (Prokopiuk, 2004).

En México, en algunos estados la vaina es consumida como fruta fresca, se obtiene una harina que se utiliza en panaderías o para elaborar dulces compactos (piloncillos de mezquite (Ruiz, 2011), se elabora una bebida alcohólica con la fermentación de los azúcares del fruto y también se prepara atole (Capparelli & Prates, 2015).

En Argentina, los frutos de *prosopis alba Griseb* se consumen directamente, se obtiene harina que se utiliza para preparar una pasta dulce en forma de pan la que le llaman “patay” o preparan una bebida dulce (añapa) o fermentada (aloja) (Prokopiuk *et al.*, 2000; Prokopiuk, 2004).

En Bolivia la gente hervía las algarrobas y comía su pulpa. En el Chaco paraguayo se consumen los frutos de *P. ruscifolia* y *P. vinalillo* previamente hervidos. En Perú, por la extracción acuosa de los azúcares de la pulpa dulce de *P. pallida* se obtiene una bebida no fermentada conocida como “yusipín”, que se consume sólo en zonas rurales (Prokopiuk, 2004).

2.5.3. Uso medicinal

La infusión de algunas partes de la planta es utilizada para combatir la disentería, el cocimiento de las hojas se emplea para combatir algunas afecciones de los ojos, el cocimiento de la corteza es vomitivo-purgante, los extractos en alcohol de las hojas frescas y maduras han mostrado acción antibacterial contra *Staphilococcus aureus* y *Escherichia coli*, se comprobó que los extractos de hojas de *P. cineraria* (L) Druce y *P. juliflora* tienen propiedades antimicrobianas y antifungicas (Ruiz, 2011; Valenzuela *et al.*, 2011; García *et al.*, 2014).

Una de las formas que se utiliza el mezquite es medicinal, cada parte del árbol se utiliza para alguna enfermedad, infusión (comestible), diarrea (con oreja de ratón); infusión (fruto), gastritis; fermentación en agua/infusión (hoja), conjuntivitis (gotas); (savia /goma), mal de orín (extraer de leña verde, calentar y aplicar en

ombligo); (goma), relajante (sahumerio); (fruto), comestible (atole y agua); (goma), pegamento; (hoja/fruto), forraje; (tronco), fabricación de aperos de labranza, dinteles, bateas, manos de metate y moldes de piloncillo; cercos; leña y carbón; madera; ornamental (Bustamante, 2013).(Rodríguez *et al.*, 2014)

Algunas especies de mezquite como *P. glandulosa var. Torreyana* y *P. velutina* se han reportado como especies medicinales, adicionalmente se menciona que el mezquite en general es un buen remedio para las afecciones faríngeas, al afianzamiento de dientes, las afecciones de los ojos y malestares estomacales (Ríos *et al.*, 2013).

Por otra parte, bajo ciertas condiciones son fuente de forraje para el ganado doméstico y fauna silvestre; además, las flores producen polen y néctar para la producción de miel y cera en las explotaciones apícolas; la planta excreta una goma de uso medicinal e industrial, la cual puede sustituir a la goma arábica obtenida del género *Acacia* (Rodriguez *et al.*, 2014).

El cocimiento de la corteza de ramas jóvenes de *P.laevigata* se da a beber a los bebes para curar los cólicos, el cocimiento de flores se emplea para bañarse como tratamiento para el salpullido, las hojas tienen un efecto antiparasitario y antimicrobiano (González *et al.*, 200098; García *et al.*, 2014).

2.5.4. Goma

La goma exudada de la corteza del árbol de mezquite constituye un producto de alto valor, ya que tiene propiedades funcionales que se comparan con la goma arábica, la cual es la principal goma natural utilizada a nivel comercial en industrias como la farmacéutica y alimentaria. La goma de mezquite tiene potencial para ser utilizada como sustituto de la goma arábica (Trejo *et al.*, 2010).

Los almidones, pectinas, galactomananas y los exudados, como la goma arábica y la goma de mezquite, son sustancias de origen vegetal de amplia utilización en las industrias alimentaria, farmacéutica, textil, cosmética y vinícola. Las propiedades funcionales de las gomas o hidrocoloides son las que determinan su aplicación

específica en la industria. Los criterios empleados para estudiar las propiedades funcionales son su habilidad para encapsular aromas, sabores, pesticidas, fármacos (propiedades encapsulantes); su capacidad para enlazar moléculas de agua y grasa (propiedades emulsificantes); su efecto sobre la reología y su textura; capacidad para formar geles y efectos sobre la cristalización (López *et al.*, 2006).

En Sonora el porcentaje de uso de la goma es pegamento 20%, golosina 49%, dolor de estómago 14%, dolor de garganta 11%, endurecedor de sombreros 7%, 1% laca de pelo (fijador o spray para cabello) y otros, por lo cual el uso más común es para la preparación de dulces (CONAFOR, 2009).

Además de los componentes polisacáridos, la goma de mezquite tiene una fracción proteica que oscila entre 2 y 4,8% (López *et al.*, 2006).

Este producto puede potencialmente ser utilizado para sustituir a la goma arábica como un agente emulsificantes y microencapsulante. Esta goma es producida por estrés ambiental y daños mecánicos a la planta (Ríos *et al.*, 2013).

2.5.5. Uso forestal

El recurso forestal mexicano de bosques y selvas tiene una cobertura de 675 564 km, que corresponde a 34.48 % de la superficie del país. El matorral xerófito cubre 578 447.3 km, que representa 29.52 % del área total de la república mexicana. Algunas de las especies de la vegetación xerófito son del género *Prosopis*, mejor conocidas como mezquite, que pertenecen a la familia Fabaceae, subfamilia Mimosoideae. En los estados de Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León destacan por su producción forestal de mezquite; con menor importancia se ubican Aguascalientes, Baja California Sur, Chihuahua, Jalisco, Querétaro y Sinaloa (Rodríguez *et al.*, 2015).

En el Valle de Mezquital, zona árida del estado de Hidalgo y además una de las zonas más pobres de México, existen Mezquites (*Prosopis laevigata*) árbol que

puede tener diversos usos. Desafortunadamente se utiliza para leña por su alta capacidad calorífica. Causando deforestación, erosión del suelo y pérdida de la cubierta vegetal. Es posible que el principal aporte de los algarrobos a la humanidad sea como combustible y esto no es algo menor ya que para más de un tercio de la población mundial, la crisis energética real la constituye el obtener diariamente la leña necesaria para cocinar (Palacios & Brizuela, 2005).

La madera es probablemente el producto más importante, sea para combustible o para usos estructurales o madera aserrada. Como combustible puede ser empleada en forma directa o para producir carbón, mientras que la madera se puede usar como postes y estacas o para aserrío. Esto depende de las especies y su manejo, hay especies arbustivas que solo generan cantidades limitadas de combustible y carecen desde luego de valor para usos estructurales, y hay especies arbóreas que con sus troncos y ramas son importantes fuentes de combustible y madera para las poblaciones locales (Barros, 2010).

La categoría “maderable” engloba el uso de los troncos de los árboles pertenecientes a las familias: *Mimosaceae*, *Fagaceae*, *Juglandaceae*, *Lauraceae*, *Oleaceae* y *Pinaceae*. De la categoría “combustible” los usos son: leña y carbón, las especies que se utilizan para estos fines son: *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, *Acacia amentacea*, *A. farnesiana*, *Agave americana*., *Carya illinoensis*, *Helietta parvifolia*, *Quercus* spp. y *Taxodium mucronatum*, haciendo uso de los troncos y/o tallos de las plantas (Bustamante, 2013).

La elaboración de carbón a partir del mezquite es uno de los principales usos que se le da a las especies del género *Prosopis* en México. Las regiones de México donde se producen grandes cantidades de carbón son, sonora, Baja California Sur, Baja California, Coahuila, Zacatecas y San Luis Potosí (Ríos *et al.*, 2013).

Además, es necesario diversificar los productos de la madera del mezquite, ya que en el proceso de carbonización para la producción de 1 kg de carbón, en términos generales se requieren de 5 a 7 kg de madera (Osuna & Meza 2003).

2.5.6. Servicio ambiental

El mezquite es importante por el papel que desempeña dentro del ecosistema de las zonas áridas, ya que es un excelente controlador de la erosión, fija el nitrógeno de la atmosfera al suelo mejorando su fertilidad, y proporciona alimento y refugio a la fauna silvestre (Carrillo *et al.*, 2007). Es un recurso que puede ser utilizado para la recuperación de tierras agrícolas con problemas de salinidad en suelo y agua, además se considera útil para estabilizar y mejorar el suelo al incrementar el contenido de materia orgánica, mejora la capacidad de almacenamiento de agua y la tasa de infiltración y una de las capacidades fotosintéticas más altas, esto por el buen aprovechamiento de nitrógeno y agua (Ruiz, 2011).

Las especies de mezquites como freatofitas que son, desempeñan una función importante en la modificación del ambiente extremoso característico de las zonas áridas. Es decir ofrecen un impacto positivo sobre el ecosistema, ya que se convierte en una cerca viva de su propio hábitat. En el ecosistema desértico funciona como sombra y refugio para la fauna silvestre y doméstica, es una eficaz fuente de alimento y de un microambiente característico bajo su cubierta foliar, permitiendo así que prosperen otras especies anuales y herbáceas que de otro modo no lo harían en terrenos tan inhóspitos, los mezquites proveen de un microclima a herbáceas y epifitas; a hemiparásitas y numerosas formas de fauna, como arañas e insectos (Osuna & Meza 2003).

Esta y otras especies pueden ser utilizadas para la recuperación de tierras agrícolas con problemas de salinidad en suelo y agua, además de que se consideran útiles para la estabilización y mejoramiento del suelo al incrementar el contenido de materia orgánica (su producción varía desde los 300 Kg/ha hasta los 8,000 Kg/ha), mejorar la capacidad de almacenamiento de agua y la tasa de infiltración y la cantidad de nitrógeno en el suelo (Meza & Osuna, 2003). Entre las plantas del desierto, el mezquite posee una de las capacidades fotosintéticas más altas, debido sobre todo a su buen aprovechamiento del agua y del nitrógeno, ya que al ser una leguminosa está asociada con bacterias fijadoras de nitrógeno, por lo que su productividad se ve aumentada significativamente (Ruiz, 2011). Las

bacterias del género *Rhizobium* se asocian al mezquite y otras leguminosas formando nódulos que fijan el nitrógeno atmosférico y se estima que una hectárea de mezquite adiciona al suelo el equivalente a 300 kg de nitrógeno en forma de amonio en un año (Ferrari & Wall, 2004).

Derivado de lo anterior ha desarrollado una vigorosa red de raíces laterales y una vigorosa raíz pivotante que penetra con frecuencia de 3 a 15 m, llegando a 20 m e incluso hasta más de 50 m en busca de agua, por lo que reviste gran importancia en las regiones áridas del mundo, las cuales se han visto acrecentadas por factores como el desarrollo industrial, la tala excesiva y el crecimiento de la población. En estas zonas se ha considerado que el cultivo de mezquite, representa una alternativa de desarrollo agropecuario forestal que podría mejorar los niveles de vida del sector rural. La eficiencia en el uso del agua es variable y se encuentra entre los 205 a 19,700 kg de agua/kg de materia seca producido (Espinosa & Lina, 2008).

En la zona más árida, que se encuentra al sureste del Desierto Chihuahuense, en el norte de San Luis Potosí, la precipitación anual es de sólo 200 mm. En la región conocida como Valle del Salado se presentan cuencas sin drenaje de salida, y como consecuencia los suelos son muy alcalinos o presentan alto contenido de yeso. La mayor parte de la superficie está ocupados por *Prosopis glandulosa* y *Atriplex canescens* (costilla de vaca o chamizo) y matorrales como *Larrea tridentata* (Granados *et al.*, 2011).

2.5.7. Harina

El polvo que se produce con vainas secas de mezquite es utilizado para la elaboración de repostería, pinole o dulces (Ríos *et al.*, 2013).

La harina de vaina es rica en hidratos de carbono y proteínas de valor nutricional, provee de calcio y hierro, presenta un bajo tenor graso y buena digestibilidad. Como su contenido de hidratos de carbono es menor que el de la harina de trigo la

hace interesante y aconsejable para personas diabéticas. Su ausencia de gluten, permite que este producto sea utilizado en elaboración de alimentos para celíacos (Aedo, 2007).

La harina echa de las semillas y vainas del mezquite mezclada en pequeñas cantidades con harina de trigo ha sido provada en varias recetas que incluyen panes y galletas y han tenido resultados favorables. Investigaciones recientes sugieren que el mezquite podría ser manejado como un producto de cosecha agrícola múltiple, por producir vainas nutritivas (Arnero, 2015).

Prokopiuk (2004) describe los algarrobos son una fuente de alimentación muy común en Santiago del Estero (Argentina) y Chile dice que la harina del fruto del algarrobo es utilizado para la fabricación de bebidas que los habitantes, fabrican con él pan “patay”, y bebidas refrescantes como “aloja” y “añapa”. En general, las algarrobas maduran rápidamente y caen; su período de aprovechamiento es muy corto, de aproximadamente un mes. En México y Centroamérica se utiliza como material para preparación de bebidas no fermentadas como el “mesquitatole”. En Perú, por la extracción acuosa de los azúcares de la pulpa dulce de *P. pallida* se obtiene una bebida no fermentada conocida como “yusipín”, que se consume sólo en zonas rurales. Con esta harina y agua se hace una pasta, se le da forma de panes, se secan al horno o al rescoldo, y puede conservarse bien en climas semiáridos (Prokopiuk, 2004).

2.6. Análisis bromatológico

2.6.1. Análisis químico proximal

El análisis químico de los alimentos comprende métodos de análisis básicos que permiten identificar la cantidad de nutrimentos que componen a un alimento, como son humedad, cenizas, proteínas y grasa. La práctica de estos métodos varían según el alimento a analizar (Ortiz, 2006).

La composición proximal de las vainas de los diferentes mezquites es muy similar, sin embargo, se observa que dependiendo del sitio de la colecta de la vaina existen algunas diferencias (Gómez, 2003).

Existen estudios que evalúan la composición químico nutricional de los frutos de especies de *Prosopis* provenientes de diferentes regiones geográficas, donde los resultados de análisis proximales de vainas muestran resultados similares para varias de ellas como se muestran en la tabla 1 (Prokopiuk, 2000). Por el alto contenido nutritivo de la vaina se recomienda utilizarla para alimentación humana y animal, y como se dijo anteriormente la composición nutricional varían del suelo y el lugar de estas especies (Ruiz, 2011).

Tabla 1. Composición Químico Proximal, promedios de frutos diferentes especies de *Prosopis*, de acuerdo a diferentes autores.

Autores	Especies%	Prot. %	Fibra %	Carb. %	Ceniza %	Grasa %	Humedad %	
Trevisson (1992)	<i>P. alba</i>	11.7	12.49	***	4.8	4.32		
Ruiz (2011)	<i>P. laevigata</i>	10.28	14.19	40.55	14.19	***	9.22	
Aedo (2007)	<i>P. chilensis</i>	9.1	10.92	72.47	5.16	2.35	10.07	
Gómez (2003)	<i>P. velutina</i>	17.8	***	25.55	***	***	***	
	<i>P. glandulosa</i>	15,1	***	38.3	***	***	***	
	<i>P. alba</i>	11.14	***	35.7	***	***	***	
López (2013)	<i>P. velutina</i>	***	***	25.5	***	***	***	
	<i>P. glandulosa</i>	***	***	38.3	***	***	***	
	<i>P. alba</i>	***	***	35.7	***	***	***	
Chávez (2015)	<i>P. juliflora</i>	Vaina	12.4	22	48.9	3.2	1.3	12.2
		Harina	21.8	19.2	40.8	3.3	5.2	9.7
Prokopiuk	<i>P. alba</i>	9.6	***	35	***	***	***	

(2006)	<i>P. nigra</i>	10.4	***	37.5	***	***	***
	<i>P. velutina</i>	18.6	***	25.7	***	***	***
	<i>P. articulata</i>	17	***	25.7	***	***	***
	<i>P. glandulosa</i>	13.4	***	17	***	***	***
Reséndez (2014)	<i>P. glandulosa</i>	13.27	25.27	47.08	4.98	1.99	7.41
	<i>Var. torreyana</i>						

***: No determinado Prokopiuk *et al* (2000), Aedo, (2007), Resendez (2014), Ruiz, 2011), Gómez (2003), Trevisson (1992), López (2013), Arnero (2015), Prokopiuk (2004), Reséndez (2014).

Varios autores han estudiado las especies *P. pallida* y *P. juliflora* de Perú, los rangos son: proteína, 9-12%; fibra, 14-23%; cenizas, 3-5%; grasa, menos del 1,7%. Vainas de *P. juliflora* de Ecuador y Brasil muestran casi la misma composición, pero con un contenido más alto de fibra y grasa comparado con lo de la tabla 1 las diferencias son similares aunque en algunas propiedades son altas (Prokopiuk, 2004).

Aunque hay que mencionar que para un mejor aprovechamiento rico en proteínas es en harina las vainas molidas como se ve en la tabla anterior, ya que el mayor porcentaje de proteína lo contiene las semillas y con menor porcentaje en el exocarpio y separarlas implica un trabajo costoso así que al molerlas se hace un aprovechamiento mucho mejor (Arnero, 2015).

2.6.2. Contenido de humedad

La humedad se considera como la pérdida de masa de agua que sufre un material cuando se calienta a temperatura cercana al punto de ebullición del agua, durante un tiempo seleccionado o bien hasta que dos pesadas sucesivas difieran en 3 mg (Corona *et al.*, 2000).

El contenido de humedad que un vegetal tiene, es muy importante pues aunque constituye poco como elemento nutritivo, actúa de manera directa en el metabolismo básico e interviene en la mayoría de los procesos celulares de las plantas. Una disminución, puede inhibir temporalmente la fotosíntesis, así como otros procesos.

En este sentido, el conocimiento de las características de la adsorción del agua es necesario para predecir su comportamiento y para determinar la actividad crítica del agua y el contenido crítico del agua que define los rangos de aceptabilidad de los productos. Las isotermas de sorción nos permiten modelar cambios en el contenido de agua de un producto durante su manipulación y almacenaje. Por otra parte, los datos de sorción a diferentes temperaturas hacen un análisis termodinámico del posible sistema, y proveen información acerca de las interacciones agua-alimento en todos los valores de calor de sorción (Ramírez *et al.*, 2014; Sebastián *et al.*, 2008).

En Brasil, los frutos de *Prosopis Juliflora* son cosechados y expuestas al sol y se procesan una vez secos conteniendo 17-19 % de humedad y deben ser guardados en un lugar seco y ventilado. Se pasan luego a través de una trilladora estándar y luego los trozos son sometidos a un proceso de secado de 4-6 horas, después del secado, 16-18% del producto que tienen las fibras largas es utilizado directamente para alimento de rumiantes. El resto se mezcla con otros elementos para alimento de rumiantes, equinos y algunas veces aves (Arnero, 2015).

El proceso incluye el secado de las algarrobas con un secadero a leña en grandes recipientes abiertos a aproximadamente 80°C durante 4 h inmediatamente antes de la molienda (Prokopiuk, 2004).

El contenido de humedad es uno de los factores más relevantes el cual determina la calidad del alimento. El contenido de humedad de un producto, en relación a la temperatura, puede ejercer una influencia sobre su estabilidad química, microbiológica y enzimática (Prokopiuk, 2004).

2.6.3. Proteínas

Las proteínas son los componentes más importantes para el intercambio y renovación de los tejidos corporales, y son indispensables para las funciones de crecimiento, reproducción y producción de carne y leche además dado que son el principal constituyente de órganos y estructuras blandas del organismo, se requiere de una provisión abundante y continua en la dieta de los animales (Ruiz, 2011).

Las proteínas están formadas por unidades simples llamadas aminoácidos. Al hidrolizar las proteínas mediante enzimas, ácidos o álcalis, se obtienen aminoácidos. La mayoría de los aminoácidos que se encuentran en las proteínas son del tipo α , en los que el grupo amino se encuentra unido al átomo de carbono adyacente al grupo carboxilo (Prokopiuk, 2000).

Las proteínas son moléculas de gran tamaño que en animales adultos no atraviesan la pared intestinal sino que son hidrolizadas hasta aminoácidos por acción de las enzimas digestivas, los aminoácidos son absorbidos en la mucosa intestinal y vía sanguínea son llevadas hasta los tejidos, donde se forman las proteínas. En el caso de los rumiantes, los microorganismos del rumen 48 sintetizan todos los aminoácidos esenciales por lo que teóricamente esta clase de animales es independiente de su aporte en la ración una vez que se han establecido los microorganismos del rumen, sin embargo no pueden lograrse los máximos ritmos de crecimiento o de producción de leche, si la ración no aporta aminoácidos en la forma adecuada (Gómez, 2011).

La determinación de extracto libre de nitrógeno (ELN) se realiza mediante la sumatoria de los valores porcentuales de humedad, proteína cruda, extracto etéreo, fibra cruda y ceniza, y substrayendo el total de 100 (Medina *et al*, 2013).

Las vainas de mezquite tienen relativamente un alto valor nutricional. Contienen alrededor del 10-15% de proteína cruda, el 20-30% de fibra cruda y 16-41% de

azúcares totales (75% de sacarosa) (Sawal *et al.*, 2004). Esta composición es muy variable y las vainas de mezquite en la India y África parecen tener niveles más bajos de carbohidratos deseables y mayores niveles de fibra no deseada de las vainas de Perú y Brasil. Por el contenido de azúcar se hacen apetecible para los rumiantes, cerdos, aves, equinos y otros animales (Sawal *et al.*, 2004).

Las cascarras de la vaina también se han utilizado ocasionalmente como alimento son pobre en proteína (4%) y rica en fibra cruda (54%) (Mathur, 2002).

La vaina es un alimento altamente proteico, con buena cantidad de calcio, magnesio, potasio, hierro, y zinc, y rico en el aminoácido lisina. La vaina tierna del mezquite dulce es alta en fibra, moderada en azúcar, y con 8% de proteína y vaina tierna en polvo 13-16% de proteína (Arnero, 2015).

Resendez (2014) en su investigación menciona que los contenidos de proteína de mezquite son similares a los porcentajes de maíz y trigo; el contenido de fibra es más alto en el mezquite comparado con los contenidos en el maíz y frijol, pero el contenido de grasas es menor en la vaina de mezquite comparado con el contenido de maíz y de trigo mezquite, 7.09%, maíz 12.5% y trigo 11.7% proteína, grasas mezquite 1.76%, maíz 3.8%, trigo 2.2, fibra cruda mezquite 16.97%, maíz 2.2 y 2 de trigo.

Los valores obtenidos de todas las variables químicas analizadas MG, cenizas, proteínas, digestibilidad, FDN y FDA indican que el fruto de *P. chilensis* es un alimento adecuado y comparable al de otras especies del género para ser utilizado como suplemento forrajero en la época crítica invernal. El fruto de *P. chilensis* contiene un porcentaje de 11.48% proteínas mayor que el grano de maíz, utilizado como principal suplemento forrajero en la zona del Chaco Árido. Esto es importante ya que en esta zona, la cosecha de maíz es errática y los productores deben adquirir este grano proveniente de otras zonas, aumentando los costos de producción (Silva *et al.*, 2000)

2.6.4. Carbohidratos

Los carbohidratos forman el 75% del peso seco del mundo vegetal, del que depende la vida animal, se producen en los vegetales mediante la fotosíntesis, que es la reacción química más importante de la naturaleza, de esta manera las plantas almacenan la energía del sol en productos que pueden ser utilizados por los animales como fuente energética para sus procesos vitales, por lo cual toda la vida animal depende de la fotosíntesis (Gómez, 2003).

Reveles (2010) en su investigación demostró que el extracto libre de nitrógeno (carbohidratos solubles) más alto se observó en la goma de mezquite ($92.4\% \pm 0.3$) con referencia a otros alimentos, pero registró también un nivel bajo de azúcares reductores totales (5%), por lo cual se omitió su fermentación para la producción de biocombustibles (etanol). Las vainas de mezquite dulce fueron utilizadas para establecer el rendimiento de etanol, debido a su disponibilidad de materia prima y contenido alto de azúcar. El extracto libre de nitrógeno (carbohidratos solubles) se determinó mediante la sustracción, con respecto al 100%, de las fracciones: proteína, cenizas, extracto etéreo y fibra cruda, expresadas en base seca.

El grupo de nutrientes llamados carbohidratos incluyen los azúcares, almidón, celulosa, goma y sustancias afines. Sin embargo pocos de estos se encuentran presentes como tales en los tejidos animales (las excepciones son la glucosa y el glucógeno), formando la mayor parte de la provisión de alimentos para los animales. Las plantas contienen aproximadamente un 75% de diferentes tipos de carbohidratos. Estos se dividen principalmente en tres grandes grupos:

a) Los que se encuentran en los tejidos de los forrajes, llamados carbohidratos estructurales o fibra, los cuales no son utilizables como fuente de energía ni por la propia planta ni por ningún vertebrado directamente, sólo a través de microorganismos.

- b) Los de los granos y otros órganos de almacenamiento, llamados carbohidratos de reserva (almidón y fructanos).
- c) Los llamados azúcares simples, característicos de jarabes y melazas (glucosa, fructosa, sacarosa, etc.) (López, 2013).

Los forrajes pobres como los rastrojos tienen menos energía disponible que el follaje tierno y verde de los árboles y arbustos. Los granos también tienen diferencias en cuanto a la cantidad de energía por ejemplo, el grano de maíz tiene más energía que el de sorgo, y esa diferencia se refleja en su precio, pues en general, el maíz tiene un precio mayor que el sorgo. Sin embargo, los granos de maíz, sorgo, avena, cebada y trigo son excelentes fuentes de energía, aunque su calidad puede ser muy variable, principalmente por el contenido de impurezas fibrosas. En el caso de los rumiantes, todos estos carbohidratos son degradados y transformados por los microorganismos en ácidos grasos volátiles (AGV) y en gas metano. Los AGV principales son el acético, propiónico y butírico, los cuales por su tamaño pequeño son absorbidos a través de la pared del rumen y convertidos en energía. Entonces, los AGV proporcionan del 70 al 80% de las necesidades de energía total del animal. La proporción de AGV varía con la calidad del alimento (López, 2013).

De manera general, la mayoría de los carbohidratos consumidos por los rumiantes son polímeros de la glucosa en forma de celulosa o almidón; sin embargo, algunos alimentos pueden contener cantidades importantes de otros polisacáridos como hemicelulosa, pectina y fructanos, compuestos de azúcares diferentes indigeribles por los monogástricos, pero fácilmente utilizables por los microorganismos del rumen (Gómez, 2003).

Se recomienda triturar las vainas para obtener harina, de esta manera el animal se nutre del considerable contenido proteínico del endospermo de la semilla; se puede afirmar que el consumo de la vaina sin moler aporta un elevado contenido energético (aproximado 45% en azúcares (Hernández *et al*, 2014).

En los animales las vainas son preferidas debido a la energía que aportan (alto porcentaje de Carbohidratos de 50 a 70%) especialmente durante las sequías o escasez de otros forrajes. (López, 2013)

En México, en Matehuala, San Luis Potosí se estima que se recolecta 5,856.82 toneladas de vainas anualmente de poblaciones naturales y vendidas como forraje o concentrado en raciones para el ganado por sus valores nutricionales (Ruiz, 2011). Las vainas de mezquite tienen valores de contenido de azúcares varían de 25 a 40 % (*P. Velutina*: 25.5 %; *P. glandulosa*: 38.3 %; *P. alba*: 35.7 %). Los mezquites presentan un alto contenido de grasas, y resalta su alto contenido de carbohidratos (50 %). El que sugiere para este contenido de azúcares su utilización en la elaboración de dulces y atoles reduciendo la necesidad de agregar edulcorantes (López, 2013).

Ruiz (2011). desde el punto de vista químico, la vaina de *P. laevigata* presenta mayor contenido de proteína, un considerable contenido de carbohidratos, así como valores bajos de contenido de FDA, que lo hace más digestible por los rumiantes sin embargo las diferencias dependen de la clase de vaina y del lugar.

2.6.5. Minerales

La determinación de ceniza nos sirve para saber la cantidad total de minerales en alimentos y este método se basa en la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra, este método es eficiente ya que determina tanto cenizas solubles en agua, insolubles y solubles en medio ácido (Ruiz, 2011).

Las cenizas en si son el material inorgánico, como minerales, presentes en el alimento luego que se ha eliminado el agua y los materiales orgánicos como la grasa y la proteína, en la variedad *Prosopis pallida*; en estudios previamente realizados se ha identificado a esta variedad con cantidades de cenizas mayor en relación a otras especies como la *Prosopis alba* 3 g/100 g de cenizas o *Prosopis nigra* 2.14 g/100 g (Prokopiuk *et al*, 2000).

Es común que alimentos de origen natural tengan menos del 7% de cenizas, mientras que alimentos procesados llegan a tener contenidos de cenizas de más de 10%. (Ruiz, 2011).

El contenido de cenizas se determina por ignición de la muestra a 500 o 600°C, a esta temperatura desaparece el material orgánico y así la ceniza representa el material inorgánico. Se pesan 2 g de cada muestra, mismos que se colocan en los crisoles de porcelana previamente tarados; se colocan los crisoles en la mufla y se espera a que se eleve la temperatura poco a poco hasta alcanzar los 600°C, los crisoles se dejan por 2 horas; posteriormente se deja enfriar la mufla hasta una temperatura de 100°C y se pasan los crisoles a un desecador; una vez a temperatura ambiente se procede a pesarlos (Ruiz, 2011).

Los minerales, que frecuentemente se presentan como óxidos o carbonatos en la mayoría de los vegetales son: N, K, Ca, Mg, Fe, Al, Si, S y P. Principalmente Ca y Mg en forma de carbonatos y silicatos. Y en menor proporción Fe, Mo, Mn, Cu, Zn y B, actúan en algunos casos como componentes estructurales y en procesos metabólicos. Se denotan como incrustaciones en numerosas paredes celulares y también el protoplasma y vacuola de la célula en forma de cristales (Corona *et al*, 2000).

Corona *et al* (2000) en su estudio en vainas maduras de árboles obtuvo un porcentaje de cenizas de 4.986% en vainas con poda y 4.894% sin poda, lo cual concluyo que un buen manejo a los arboles de mezquite mejora el rendimiento en nutrientes

Aunque en los tejidos animales se encuentran la mayoría de los elementos minerales, probablemente algunos de ellos no tengan funciones esenciales en el organismo. Los minerales esenciales son aquellos que son requeridos para alguna función, así en una dieta que falta un mineral cuando se alimenta a los animales, estos desarrollan síntomas de deficiencia, los cuales desaparecen cuando el

elemento mineral se adiciona a la dieta. Es difícil detectar las deficiencias de los minerales que se requieren en cantidades pequeñas, debido a que los animales tienen otros medios distintos a la dieta para obtener minerales, como el agua, los comederos, los bebederos, el piso, entre otros. Hasta 1950 se consideraban esenciales 13 elementos minerales, se trataba de los elementos mayoritarios (calcio, fósforo, potasio, sodio, cloro, azufre y magnesio) y los microelementos (hierro, yodo, cobre, manganeso, zinc y cobalto). En 1970 se añadieron a la relación el molibdeno, selenio, cromo, y flúor y posteriormente se incluyeron el boro, litio, níquel, silicio, estaño, vanadio, rubidio y aluminio. En los tejidos vegetales y animales se encuentran hasta otros 30 elementos minerales en pequeñas cantidades, para los cuales no se han descubierto funciones esenciales. Dichos elementos pueden proceder del ambiente, aunque se ha sugerido, que en los tejidos animales, pueden realizar funciones metabólicas hasta 40 o más elementos minerales (Ruiz, 2011).

Afortunadamente la mayoría de los elementos traza, en especial los descubiertos recientemente, se necesitan en cantidades tan pequeñas y se encuentran en tantos alimentos de los animales, que las deficiencias son extraordinariamente raras en las condiciones prácticas de explotación. De acuerdo a la cantidad en que son requeridos y a su concentración en el organismo, los minerales se clasifican en macro-elementos y micro-elementos. Normalmente los elementos traza o micro-elementos, se encuentran en el organismo animal en cantidades inferiores a 50 mg/Kg y son necesarios en cantidades inferiores a los 100 mg/Kg de ración (Ruiz, 2011).

2.6.6. Fibra de la vaina

La fibra es un producto analítico con características nutricionales que describe a aquellos componentes del forraje de baja solubilidad en un sistema de solventes específicos (detergente ácido y neutro) y son relativamente menos digestibles que el almidón, la determinación de fibra en los forrajes es para saber la capacidad de digestibilidad (Ramírez *et al.*, 2014).

Las propiedades fisiológicas de la fibra varían en función de la proporción de fracción soluble e insoluble de la misma. Así, la fibra soluble es fermentada y sus principales efectos fisiológicos se relacionan con la disminución de los niveles sanguíneos de glucosa y colesterol, así como con el desarrollo de la flora intestinal. Por su parte, la fibra insoluble es poco fermentable, siendo sus principales propiedades la regulación de los hábitos intestinales y su marcado efecto laxante (Prokopiuk, 2004).

Gómez (2003) en su investigación concluye que las variedades *P. glandulosa* y *p. torreyana* presentaron una buena composición química, especialmente para la proteína, asimismo presentaron alta digestibilidad *in vitro* de la MS, siendo superior la Variedad *torreyana* en todos los tiempos de digestibilidad estudiadas por lo que se recomienda la utilización de este alimento en la dieta de los animales. La digestibilidad para la vaina como forraje de mezquite fue de 67.82 % para la variedad *glandulosa* y 77.0 % en el tiempo 48hrs para la variedad *torreyana*, lo cual indica que es un producto de buena digestibilidad.

En general los contenidos de proteína son altos comparados con los de algunas gramíneas como trigo y maíz (10%) o como el sorgo que contiene 8.9 % de proteína al igual que las otras especies *Prosopis glandulosa* tiene un alto contenido de fibra (variedad *glandulosa* 24.20 %, ceniza 6.13% y variedad *torreyana* 26.15 %, ceniza 3.63% mayor que el salvado de trigo que contiene 12-19% (Gómez, 2003).

Ruiz, (2011) concluye de acuerdo a los valores obtenidos de todas las variables químicas analizadas; materia seca, cenizas, proteína cruda, grasa, carbohidratos, fibra cruda, FDN y FDA, que el fruto de *P. laevigata* es un alimento adecuado comparable en su composición a subproductos agroindustriales utilizados como suplemento forrajero. Así mismo, el fruto de *P. laevigata* contiene un porcentaje de proteína entre 7-12% y carbohidratos 40-55%, un considerable contenido de

carbohidratos, así como valores bajos de contenido de FDA, por lo que podría resultar más digestible para los rumiantes que para los monogástricos (aves, humanos, cerdos) estos no son capaces de procesarla debido a que su aparato digestivo no dispone de las enzimas que puedan hidrolizarla, caso contrario de los rumiantes los cuales si son capaces de utilizar parte de esta fibra para convertirla en energía dentro de sus procesos fisiológicos.

Debido a la poca utilización de la vegetación nativa de la región, es necesario realizar más estudios para descubrir las formas más adecuadas en que se pueden aprovechar los recursos vegetales presentes. Por otra parte, promover el desarrollo de la vegetación utilizada por los rumiantes y controlar los individuos que no son utilizados puede ser una forma de mejorar la calidad del agostadero. A corto plazo se sugiere la suplementación de proteína y energía en la estación deficiente para mejorar la productividad del hato caprino (Medina *et al.*, 2013).

2.7. Manejo sustentable del mezquite

2.7.1. Sustentabilidad

El concepto “oficial” y generalmente aceptado de Desarrollo Sustentable es el acuñado por la Comisión Brundtland como “aquél que permite la satisfacción de las necesidades de esta generación sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras”. Por lo tanto podemos decir que “Una Agricultura Sustentable es aquella que mantiene en el tiempo un flujo de bienes y servicios que satisfagan las necesidades alimenticias, socioeconómicas y culturales de la población, dentro de los límites biofísicos que establece el correcto funcionamiento de los sistemas naturales (agro ecosistemas) que lo soportan” (Sarandón & flores, 2006).

La definición de desarrollo sustentable a emplear es la siguiente: El desarrollo sustentable es un proceso de mejoramiento sostenido y equitativo de la calidad de vida, fundado en la conservación y protección del medio ambiente, minimizando

costos sociales y económicos, de manera de no comprometer las expectativas de las generaciones futuras (Rodríguez, 2002).

Rodríguez *et al* (2014) concluye que el mezquite ha sido objeto durante siglos de una explotación irracional, debido a una absoluta carencia de planificación acerca de su verdadero potencial y las técnicas dasonómicas adecuadas que permitan lograr un manejo adecuado del recurso, el cual debe empezar por la realización de un inventario que permita cuantificarlo y calificarlo; analizar los aspectos ecológicos que permitan conocer su organización espacial, tanto horizontal como vertical, para conocer el nivel de equilibrio necesario y así mantener un aprovechamiento sostenible.

Esto ha conducido a la degradación acelerada de las comunidades de mezquite, que se ha reflejado, en la pérdida del recurso, el deterioro de los suelos y afectación de las aguas subterráneas de las cuencas hidrológicas respectivas; estos fenómenos han conducido a la alteración del equilibrio ecológico de los frágiles ecosistemas de las zonas de mezquiales, lo cual, a su vez, ha afectado a las comunidades rurales de esos sitios, sean ejidatarios, pequeños propietarios o miembros de propiedades comunales. En consecuencia, resulta imprescindible iniciar la aplicación de técnicas silvícolas que permitan su aprovechamiento racional y sostenible (Rodríguez *et al*, 2014).

Para dar solución a los impactos ambientales y sociales del modelo agrícola actual hay que cambiar la forma de entender la agricultura. Hay que dar información bajo programas que aseguren la conservación del recurso y recuperación mediante la sustitución de plantas taladas con plantas nuevas, algunas prácticas que dan buenos resultados en el manejo del mezquite son la poda, aclareos, reforestación, formación y conducción de plantas (Sarandón & Flores, 2014).

Mediante programas institucionales, civiles o de cualquier otra índole, conseguir la creación de centros comunales para el aprovechamiento sustentable del mezquite.

En este centro comunal se producirán los alimentos que no son nuevos si no que se consumían en la antigüedad, pero equiparando los procesos pretéritos con maquinaria y herramientas actuales para obtener un mejor aprovechamiento de los recursos y así sea una producción sostenible (Basurto, 2014).

El apropiarse del mezquite como un bien común de la región, mediante su aprovechamiento y la divulgación de sus beneficios y propiedades, traerá consigo unidad que promueve la preservación los pueblos y de sus respectivas culturas y una coacción social. También la revalorización de esta planta evitará la tala de los mezquites y promoverá su cuidado, conservación y reforestación (Basurto, 2014).

Entonces para llevar acabo la sustentabilidad en los cultivos debe existir una organización familiar, cultural, social y política puesta directamente al servicio de la producción agropecuaria (Altieri & Nicholls, 2000).

En el caso de México, las experiencias agroecológicas no se reducen ni se centran en la agricultura y la ganadería, sino que atañen más a un manejo ecológicamente adecuado de los recursos naturales locales, incluyendo las áreas forestales (con bosques, selvas y matorrales) y la conservación de la agrobiodiversidad. La agroecología conforma un novedoso fenómeno, donde los cambios de paradigmas científicos y tecnológicos actúan y se construyen en constante reciprocidad con los movimientos sociales y los procesos políticos, dando lugar a una triple transformación de enorme importancia para la construcción de una sociedad sustentable (Toledo, 2012).

También debe ir basado en el desarrollo de los sistemas socioecológicos para lograr una nueva configuración en las tres dimensiones centrales del desarrollo sustentable: la económica, la social y la ambiental. Abordar la evolución de este concepto y mirar un poco más allá sobre el futuro de la sustentabilidad. (Calvente, 2007)

Para cumplir con la sustentabilidad y satisfacer las necesidades de las actuales y futuras generaciones, el estilo de agricultura hacia los mezquiales debe poder mantenerse en el tiempo. Para ello deben cumplirse una serie de requisitos. La falta de cumplimiento de los mismos pone en duda, en el corto o largo plazo, la sustentabilidad. Esta agricultura debería ser:

- 1) Suficientemente productiva (dependiendo del nivel de análisis).
- 2) Económicamente viable (a largo plazo y contabilizando todos los costos).
- 3) Ecológicamente adecuada (que conserve la base de recursos naturales y que preserve la integridad del ambiente en el ámbito local, regional y global).
- 4) Cultural y socialmente aceptable (Altieri & Nicholls, 2000).

Para esto es necesario diseñar indicadores lo cuales tienen como objetivo proveer una base empírica y numérica para conocer los problemas, calcular el impacto de nuestras actividades en el medio ambiente y para evaluar el desempeño de las políticas públicas. Los indicadores hacen más sencilla la comunicación, al simplificar fenómenos complejos y traducirlos en términos numéricos. Indicadores que combinen y expliquen los aspectos sociales, económicos y ecológicos (Rodríguez *et al*, 2002).

Después de todo hay que tener racionalidad ambiental la cual es pensar el ambiente como un potencial productivo, como la articulación de articulación de valores, significaciones y objetivos que orientan un proceso de reconstrucción social, donde el pensamiento de la complejidad se abre camino en la encrucijada de la democracia, la equidad y la sustentabilidad, en un campo atravesado por las estrategias de poder en el saber (Leff, 1998)

Morales (2010) en su investigación realizó una encuesta a los pobladores de San Pedro Coahuila, en la cual obtuvo precio de compra y venta del carbón producto más vendido en la región, también analizó la situación actual comercial del carbón mediante el análisis FODA para la formulación de estrategias. Los resultados fueron: el 33% depende económicamente del mezquite, el 8% obtiene forraje y el

92% para leña o carbón, sin embargo al analizar estos resultados con respecto a la venta de carbón el productor es el que menos gana, ya que es un producto muy vendido la cual el problema es que a su producto no le añaden valor agregado.

Actualmente el modelo de negocios que se obtuvo en san pedro que el productor le vende a un intermediario y luego el intermediario a una distribuidora y de la distribuidora al comercio formal lo cual este modelo es totalmente inaceptable. Sin embargo Morales (2010) menciona y propone mediante el análisis FODA las siguientes estrategias:

1. Añadir valor agregado a su producto, así como financiamiento de gobierno para pequeños productores.
2. Establecer un programa de distribución directa a las comercializadoras sin que intervenga el intermediario.
3. Establecer un programa de cultivo renovable para que sea sustentable a largo plazo.
4. Establecer un programa de calidad del producto para que este sea competitivo (Morales, 2010).

Finalmente el modelo de los productores sería: capacitación al productor con financiamiento gubernamental o privada, tecnología apropiada, precio al público, distribuidoras, y comercio formal, todo esto planes nos llevaría a un manejo sustentable de las poblaciones vegetales como en este caso el Mezquite (Morales, 2010).

2.7.2. Consumo humano

Los habitantes de las zonas áridas de México, en particular los del norte, han explotado de una manera preferente un grupo reducido de especies dentro de las muchas que de manera real o potencial pueden usarse. Su interés se ha centrado en plantas como mezquite (*Prosopis laevigata* y *Prosopis juliflora*) para usar las vainas y el follaje como forraje, y la madera para construcción y combustible, candelilla (*Euphorbia antisyphilitica*) para obtener cera; guayule (*Parthenium*

argentata) para obtener hule; lechuguilla (*Agave lechuguilla*) para obtener fibra para cordelería; pita o palma (*Yucca filifera*) para usarla como cerca y para obtener flores y frutos comestibles; palma samandoque (*Yucca carnerosana*) para obtener fibra y también flores comestibles; samandoque (*Hesperaloe funifera*) para fibra; De manera tradicional, la utilización de los recursos vegetales de las zonas áridas de México se ha restringido a la explotación sostenida de un grupo muy reducido de plantas silvestres, destacando entre ellas:

Mezquite	<i>Prosopis spp.</i>
Candelilla	<i>Euphorbia antisyphilitica</i>
Guayule	<i>Parthenium argentatum</i>
Lechuguilla	<i>Agave lechuguilla</i>
Pita	<i>Yucca filifera</i>
Costilla de vaca	<i>Atriplex canescens</i>
Sotol	<i>Dasyllirion leiophyllum</i>
Cañagría	<i>Rumex hymenosepalus</i>
Orégano	<i>Lippia palmeri</i> y <i>L. graveolens</i>
Zamandoca	<i>Hesperaloe funifera</i>

Flores *et al* (2007) la superficie de mezquite de la región del ejido San Isidro del Rayado, Municipio. De San Juan de Guadalupe, Dgo. Ha disminuido considerablemente en parte causado por su aprovechamiento desmedido como fuente de carbón y que el estudio agroecológico es muy importante ya que presenta un punto de partida en manejo forestal mediante técnicas como la poda, con lo que se asegura la conservación de los recursos y su aprovechamiento para leña y con potencial en la producción de goma.

Esto se determinó , sobre la caracterización agroecológica de la población de mezquite a partir del análisis de factores climáticos, edáficos y de la vegetación, con fines de determinar en una segunda fase el potencial de explotación de goma de mezquite, ya que este resulta de los métodos de aprovechamiento más

eficientes en virtud de que requiere del manejo (poda 50%) en ramas exteriores de cada arbusto para la estimación de biomasa “leña” y para disminuir la competencia por nutrientes y lograr la arborización del arbusto a futuro y conservación del árbol en las mejores condiciones posibles (Flores *et al.*, 2007).

2.7.3. Consumo animal

Entre los problemas que se destacan en las zonas áridas de México son la baja producción agrícola y pecuaria, debido al mal uso de los recursos sin embargo los productores se enfrentan a una escases de alimento para el ganado de tipo extensiva, a pesar de eso un gran número de familias participan en la actividad agropecuaria y contribuyen en la economía , dada la situación es necesario una respuesta al deterioro ambiental y a la pérdida de biodiversidad, consiste en la estabulación de los animales, la reducción del pastoreo, y el fomento a la siembra y conservación de forrajes alternativos con nuevas especies de cultivo con tolerancia a sequía y/o salinidad. Esto promoverá un mejor desarrollo y manejo sostenible del agostadero, al proporcionar el alimento a los animales particularmente en los aserrados (Murillo *et al.*, 2009).

Al considerar la importancia que tiene la actividad agropecuaria en las zonas áridas de México así como los factores que limitan la producción sustentable de forraje para el ganado, se plantea como necesidad prioritaria la incorporación de especies vegetales forrajeras que muestren un uso eficiente del agua, que toleren salinidad alta con características de poca fertilidad (Murillo *et al.*, 2009).

Sin embargo una de las alternativas forrajeras que no requieren de mucho costo de producción, son adaptables alta concentración de salinidad, poca fertilidad y su hábitat son de suelos con poca humedad es decir suelos desérticos es el mezquite, además de que es un árbol o arbusto que tiene múltiples usos, pero sus vainas como forraje son importantes ya que para alimento de ganado es muy buena opción ya que contiene buena fuente de proteína, fibra, carbohidratos y minerales que hacen que sea de vital importancia en la zonas rurales sobre todo

por la escases de alimentos, es una especie valiosa para las comunidades del norte de México (Rodríguez *et al.*, 2014).

Es esencial concebir estrategias que enfatizen métodos y procedimientos para lograr un desarrollo ecológicamente sustentable para el aprovechamiento del mezquite como forraje (Sarandón & Flores, 2014).

Como paradigma directivo nos sirve la agroecología ya que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva ecológica y socioeconómica. Además la agroecología define los principios ecológicos necesarios para desarrollar sistemas de producción sustentables dentro de marcos socioeconómicos específicos y puede guiar el desarrollo agrícola sustentable para lograr los siguientes objetivos de largo plazo:

- Mantener los recursos naturales y la producción agrícola par consumo animal
- Minimizar los impactos en el medio ambiente
- Adecuar las ganancias económicas (viabilidad y eficiencia)
- Satisfacer las necesidades humanas mediante
- Responder a las necesidades sociales de las familias y comunidades rurales (salud pública, educación, etc.) (Altieri & Nicholls, 2000).

Por lo dicho anteriormente se necesitan estos requerimientos para una agricultura sustentable y manejo de los recursos para consumo:

- Organización social.
- Investigación participativa.
- Desarrollo de recursos humanos y capacidades locales.
- Optimización del uso de la heterogeneidad y verticalidad ambiental.
- Políticas agrarias compatibles, mercados, precios, incentivos justos, contabilidad de costos ambientales y estabilidad política.
- Desarrollo y difusión de tecnologías apropiadas accesibles, económicas aceptables.

La importancia del estudio agroecológico en las poblaciones naturales es de gran ayuda para los estudios siguientes, ya que representa un punto de partida en el manejo de silvícola, mediante técnicas como la poda, con lo que se asegura la conservación de los recursos y su aprovechamiento para leña y con potencial en la producción de goma (Morales, 2010).

3. DISCUSIÓN

En esta revisión sobre la bromatología y el uso alternativo sustentable de la vaina de mezquite se obtuvieron datos importantes por lo que se vio las vainas de mezquite tienen relativamente un alto valor nutricional. Contienen alrededor del 10-15% de proteína cruda, el 20-30% de fibra cruda y 16-41% de azúcares totales (75% de sacarosa) (Sawal *et al.*, 2004). Esta composición es muy variable y las vainas de mezquite en la India y África parecen tener niveles más bajos de carbohidratos deseables y mayores niveles de fibra no deseada de las vainas de Perú y Brasil (Ruiz, 2011). Por el contenido de azúcar se hacen apetecible para los rumiantes, cerdos, aves, equinos y otros animales (Sawal *et al.*, 2004).

Autores	Especies	Prot. %	Fibra %	Carb. %	Cenizas %	Grasas %	Hum. %
Del Valle et al (1987)	P. glandulosa	11	29	***	4.6	1.7	***
Gómez (2003)	P. glandulosa	15.1	***	38.3	***	***	***
López (2013)	P. glandulosa	***	***	38.3	***	***	***
Prokopiuk (2006)	P. glandulosa	13.4	***	17	***	***	***
Solorio (2001)	P. glan. var.torreyana	13.27	25.27	47.08	4.98	1.99	7.41
Ruiz (2011)	P. laevigata	10.28	14.19	40.55	14.19	***	9.22
Gómez (2003)	P. velutina	17.8	***	25.55	***	***	***
López (2013)	P. velutina	***	***	25.5	***	***	***
Prokopiuk (2006)	P. velutina	18.6	***	25.7	***	***	***
Aedo (2007)	P. chilensis	9.1	10.92	72.47	5.16	2.35	10.07
Trevisson (1992)	P. alba	11.7	12.49	***	4.8	4.32	***
Gómez (2003)	P. alba	11.14	***	35.7	***	***	***
López (2013)	P. alba	***	***	35.7	***	***	***
Prokopiuk (2006)	P. alba	9.6	***	35	***	***	***
Arnero (2015)	P. juliflora Vaina	12.4	22	48.9	3.2	1.3	12.2
Arnero (2015)	P. juliflora Harina	21.8	19.2	40.8	3.3	5.2	9.7
Prokopiuk (2006)	P. nigra	10.4	***	37.5	***	***	***
Prokopiuk (2006)	P. articulata	17	***	25.7	***	***	***

Ruiz, (2011) en su estudio en San Luis Potosí concluye de acuerdo a los valores obtenidos de todas las variables químicas analizadas; materia seca, cenizas, proteína cruda, grasa, carbohidratos, fibra cruda, FDN y FDA, que el fruto de *P. laevigata* es un alimento adecuado comparable en su composición a subproductos agroindustriales utilizados como suplemento forrajero. Así mismo, el fruto de *P. laevigata* contiene un porcentaje de proteína entre 7-12% y carbohidratos 40-55%, un considerable contenido de carbohidratos, así como valores bajos de contenido de FDA, por lo que podría resultar más digestible para los rumiantes que para los monogástricos (aves, humanos, cerdos).

Resendez (2015) en su investigación menciona que los contenidos de proteína de mezquite son similares a los porcentajes de maíz y trigo; el contenido de fibra es más alto en el mezquite comparado con los contenidos en el maíz y frijol, pero el contenido de grasas es menor en la vaina de mezquite comparado con el contenido de maíz y de trigo, mezquite, 7.09%, maíz 12.5% y trigo 11.7% proteína, grasas mezquite 1.76%, maíz 3.8%, trigo 2.2, fibra cruda mezquite 16.97%, maíz 2.2 y 2 de trigo.

En los animales las vainas son preferidas debido a la energía que aportan (alto porcentaje de Carbohidratos de (50 a 70%) especialmente durante las sequías o escasez de otros forrajes. (López, 2013).

Las vainas de mezquite tienen valores de contenido de azúcares varían de 25 a 40 % (*P. Velutina*: 25.5 %; *P. glandulosa*: 38.3 %; *P. alba*: 35.7 %). Los mezquites presentan un alto contenido de grasas, y resalta su alto contenido de carbohidratos (50 a 70 %). El que sugiere para este contenido de azúcares su utilización en la elaboración de dulces y atoles reduciendo la necesidad de agregar edulcorantes (López, 2013).

Ruiz (2011) desde el punto de vista químico, la vaina de mezquite presenta un buen contenido de proteína, un considerable contenido de carbohidratos, así como valores bajos de contenido de FDA en algunas especies, que lo hace más digestible por los rumiantes, sin embargo las diferencias dependen de la clase de vaina y del lugar.

En cuanto a las cenizas *Prosopis pallida*; en estudios previamente realizados se ha identificado a esta variedad con cantidades de cenizas mayor en relación a otras especies como la *Prosopis alba* 3 g/100 g de cenizas o *Prosopis nigra* 2.14 g/100 g (Prokopiuk *et al*, 2000).

Corona (2000) en su estudio en vainas maduras de árboles obtuvo un porcentaje de cenizas de 4.986% en vainas con poda y 4.894% sin poda, lo cual concluyo que un buen manejo a los arboles de mezquite mejora el rendimiento en nutrientes.

Gómez (2013) en su investigación concluye que las variedades P. glandulosa y p. torreyana presentaron una buena composición química, especialmente para la proteína, asimismo presentaron alta digestibilidad *in vitro* de la MS, siendo superior la Variedad *torreyana* en todos los tiempos de digestibilidad estudiadas por lo que

es recomendable la utilización de este alimento en la dieta de los animales. La digestibilidad para la vaina como forraje de mezquite fue de 67.82 % para la variedad *glandulosa* y 77.0 % en el tiempo 48hrs para la variedad *torreyana*, lo cual indica que es un producto de buena digestibilidad.

En general los contenidos de proteína son altos comparados con los de algunas gramíneas como trigo y maíz (10%) o como el sorgo que contiene 8.9 % de proteína al igual que los otras especies *Prosopis glandulosa* tiene un alto contenido de fibra (variedad *glandulosa* 24.20 %, ceniza 6.13% y variedad

torreyana 26.15 %, ceniza 3.63% mayor que el salvado de trigo que contiene 12-19% 8 (Gómez, 2003).

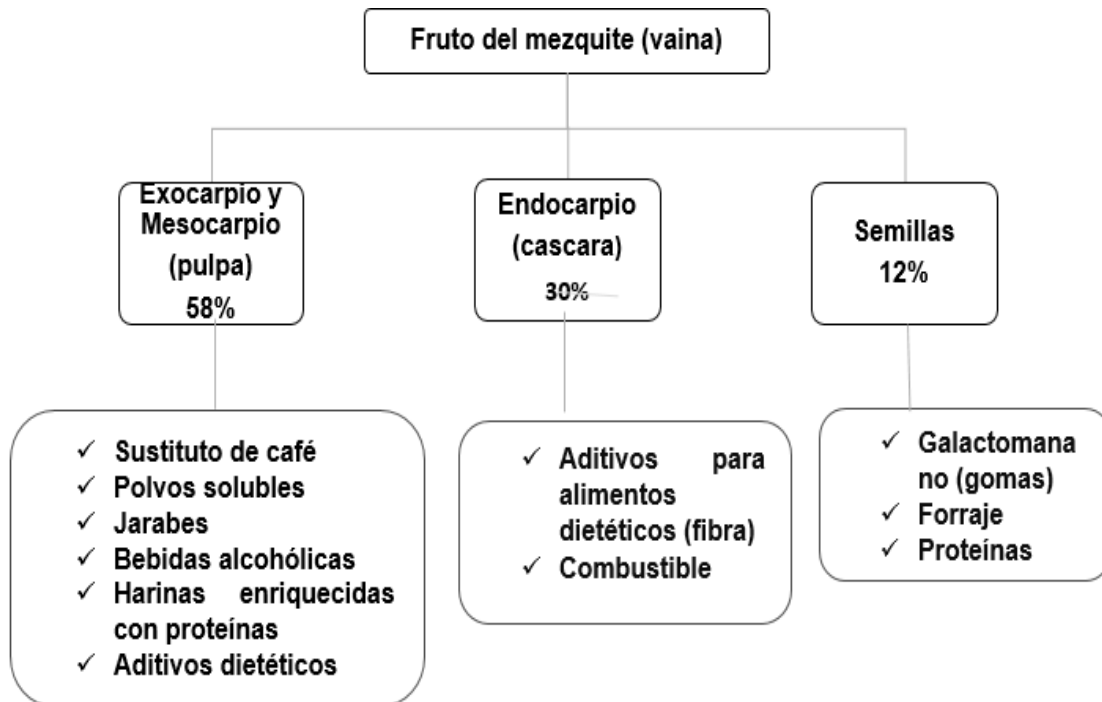
Fig. 2. Del fruto del mezquite se pueden extraer productos que pueden ser destinados al consumo humano por su excelente calidad nutricional, aquí se muestran los beneficios para México y otros países.

Vaina de mezquite para consumo humano	
Gallegos et al (2013) Ruiz (2011) Mexico	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pinole ➤ Queso ➤ Atole ➤ Fermentadas ➤ Fruta fresca ➤ Dulces (piloncillo) ➤ Bebidas Alcohólica ➤ Harina para pan o Galletas ➤ Bebidas
(Prokopiuk et al., 2000; Prokopiuk, 2004). Argentina	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Harina (0.15 mm) ➤ Pasta dulce en forma de pan (patay) ➤ Café ➤ Bebidas, (añapa y aloja) ➤ Semillas para condimentos
Prokopiuk, (2004). Bolivia y Paraguay	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Pulpa hervida ➤ Bebida alcohólica (chicha)
Prokopiuk, (2004). Peru	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bebida ("yusipín", no fermentada) ➤ Algarrobina ➤ Café

(Gallegos et al (2013), Ruiz, (2011), Prokopiuk, (2004), Prokopiuk, (2000).

Si bien se puede observar que en México el mezquite es un sustento para las zonas rurales y este tipo de usos se ha venido usando desde hace muchos años atrás por etnias o tribus pero que hoy en día se sabe poco o han dejado de hacer estos usos con el recurso, aunque también en otros países hacen usos diferentes de este recurso pues debido a los estudios se puede ver que es altamente recomendable para consumo humano, en la siguiente tabla se muestra específicamente las partes de la vaina y los usos que se obtienen de dicha vaina.

Fig.3. Partes de la vaina de mezquite y sus principales usos y el porcentaje de uso que le da la mayoría de la población rural.



Como se puede observar, las partes del fruto puede tener su propio uso, pero el mayor porcentaje en uso que la gente le da es en la pulpa, pero para una mejor dieta alimentaria sería mejor hacer harina mezclando la pulpa y la semilla o todas ya que se aprovecha mejor la vaina y también debido a que la semilla contiene mayor proteína que la pulpa (Prokopiuk, 2004).

4. CONCLUSIÓN

De acuerdo a la investigación se concluye que las vainas del mezquite es un recurso alternativo de consumo tanto de animales como en humanos, dado que los resultados obtenidos en esta investigación demuestran que su propiedades son aptas para el consumo, sobre todo en proteína. Como se vio en la tabla 2: *P. laevigata* que tiene un alto contenido de proteínas y carbohidratos y bajo en fibra. *P. glandulosa. Var torreyana* y *P. glandulosa. var. glandulosa* son ricas en proteínas y carbohidratos, pero *prosopis. g. var torreyana* es recomendable como forraje por su alta digestibilidad.

Sin embargo mencionan diferentes autores que la composición proximal de los diferentes mezquites es similar, y puede variar debido al suelo ambiente y al manejo que se le da a este recurso.

El objetivo planteado se cumplió ya que mediante la búsqueda de información de varios autores se obtuvo la información que se quería. Sin embargo es necesario seguir con los estudios de estas especies, para obtener información más reciente y eficiente en la investigación, es recomendable hacer estudios de estas especies en otras áreas adyacentes como San pedro, Coahuila, Francisco I. Madero y así enriquecer de esta forma la base de datos.

5. BIBLIOGRAFÍA

- Arnero C., A., 2015. "La vaina de mezquite (*Prosopis spp.*) En la alimentación de Ganado". Tesis de Titulo Facultad de Ingeniería. Universidad de Torreón, Coahuila. Pp. 9-20.
- Altieri, M., Nicholls, C., I. 2000. Teoría y práctica para una agricultura sustentable. Ser. Text. Bas. Form. Amb. Vol. 1, pp. 80-96.
- Aedo B. R., 2007. Factibilidad técnico-económica de generar productos alimenticios a partir del fruto de Algarrobo Chileno (*Prosopis chilensis Mol. Stuntz*) para la alimentación humana o animal. Tesis Facultad de ciencias agrarias escuela de agronomía. Universidad Austral de Chile.
- Álvarez. J. A., Villagra, P., E., 2009, *Prosopis flexuosa* DC. (Fabaceae, Mimosoideae). Kurtiziana. Vol. 35, 47-61.
- Argumedo, J., R, J., Alvarado, R., M., Valdez, C., R, D., 2001, Escarificación de semillas de mezquite (*Prosopis laevigata*) para aumentar la eficiencia en la germinación. Jor. Inv. Vol. 5, pp. 2-3.
- Bustamante. R. C., 2013. Etnobotánica de tres municipios del norte del estado de Nuevo León, México. Tesis facultad ingeniería en ciencias forestales. Universidad Autónoma De Nuevo León.
- Barros. S. 2010, El género *Prosopis*, valioso recurso forestal de las zonas áridas y semiáridas de América, Asia y África. C. Inv. Forest. Vol.16, pp. 90-99.
- Basurto. M. C. A., 2014, La Arqueología en una alternativa de sustentabilidad ambiental y desarrollo social: el Mezquite en el caso de las comunidades semiáridas de Zacatecas. Monográfico. Vol. 9, pp. 941-953.

- Carrillo, F., A., Gómez, L., F., Arreola, A., J., 2014, Efecto de poda sobre potencial productivo de mezquites nativos en la comarca lagunera, México. Rev. Chap. Se. Zon. Arid. Vol. 6, pp. 47-54.
- Carrillo, F., R., Gómez, L., F., Arreola, A., J., G., 2007, Efecto de la poda sobre potencial productivo de mezquites nativos en la Comarca Lagunera, México Rev. Chap. Ser. Zon. Ar. Vol. 6, pp. 47-54.
- Calvente. M., A. 2007. El concepto moderno de sustentabilidad. Revista Socioecológica de desarrollo sustentable, pp. 1-7.
- Capparelli. 2008. Caracterización cuantitativa de productos intermedios y residuos derivados de alimentos del algarrobo (*Prosopis flexuosa* y *P. chilensis*, *fabaceae*). Darwiniana. Vol. 46, pp. 175-201.
- Carranza. P. M., A., Villarreal, Q. 1997. Leguminosas de Coahuila, Mex. UAAAN. Buenavista, Saltillo, México, pp.53.
- Cruz, G., S., 2013. Regeneración asexual de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) Por rebrotes de tocón en poblaciones naturales de norte de Coahuila. Tesis, facultad de ingeniería. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Saltillo, Coahuila, México.
- CONAFOR 2009. Uso del mezquite como fuente de polisacáridos de alto valor agregado. Centro de investigación en Alimentación y desarrollo, A. C. Pp.16-18.
- Carmona, H., D., Trejo, C., R., Esquivel, A., O., Arreola, A., J., Flores, H., A., 2007. Evaluación de un método para medir fotosíntesis en mezquite (*Prosopis glandulosa*). Rev. Chap. Ser. Zon. Ar. Vol. 6, pp. 185-190.

- Capparelli. A. Prates, L., 2015, Explotación de frutos de algarrobo (*Prosopis spp.*) por grupos de cazadores recolectores del Noroeste de la Patagonia. Rev. Antropol. Chil. Vol. 47, pp. 00-00.
- Carevic. F., Carevic, A., De la Torre, J., 2012. Historia natural del género *Prosopis* en la Región de Tarapacá. Idesia. Vol. 30, nº3, pp. 113-117.
- Cervantes. R. M., 2005. Plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. Col, geo., pp.3-5.
- Corona. C. F., Gómez. L. F., Ramos, R., E, G., 2000. Análisis químico proximal de la vaina de mezquite (*Prosopis glandulosa var. Torreyana*) en arboles podados y no podados, en diferentes etapas de fructificación. Rev. Chap. Ser. Zon. Ar. Vol. 1, pp. 21-28.
- De la Torre, A., R., Cota, T., F, García, R., J., Campos, J., E., San Martin, F., 2009, Etiología de la muerte descendente del mezquite (*Prosopis laevigata L.*) en la reserva de la biosfera del valle de Zapotitlán, México. Agro. Vol. 43, pp. 197-208.
- Estrada, C., E., Villareal, Q., J., Jurado, Y., E., Cantú, A., C., García, A., M., Sánchez, S., J., Jiménez, P., J., Pando, M., M., 2012, Clasificación, estructura y diversidad del matorral Submontano adyacente a la planicie costera del Golfo Norte en el Noreste de México. Bot. Sc. Vol. 90, pp. 37-52.
- Estrada, C., E., Villareal, Q., J, A., Jurado, E., 2005, Leguminosas del norte del estado de Nuevo León. Act. Bot. Mex. Vol. 73, pp. 1-18.

- Espinosa. H. A., Lina, M., P., 2008, La sobreexplotación del mezquite y el deterioro de los ecosistemas. Proyecto de investigación, pp. 3-4.
- Flores. H. A., Trejo, C., R., Arreola, A., J, García, H., G., Zarate, V., J., Hernández, H., J., 2007. Características agroecológicas de la población de mezquite (*Prosopis spp*) en la región de San Juan de Guadalupe, Durango, México. Rev. Chap. Se. Zon. Arid. vol.6, pp. 211-217.
- Ferrari. A. E., Wall, L., G., 2004, Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. Rev. Fac. Agro. Vol. 2, pp. 104-105.
- Fernández, N., R., Ramos, Z., D., 2001, Notas sobre plantas medicinales del estado de Querétaro, México. Polibotánica Vol. 12 pp. 1-40.
- García. M. G, E., Jiménez, P., J., Aguirre, C., O, A., Gonzales, R., H., Carrillo, P., A., Espinosa, R., M., García, G., D, A., 2014, Biomasa de dos especies de matorral en tres densidades de plantación en Tamaulipas, México. . Rev. Lat. Rec. Nat. Vol. 10, pp. 52-59.
- Gallegos. I. J., Rocha, G., N., Gonzales, R., F., García, C., M., 2013, Efecto del procesamiento térmico sobre la capacidad antioxidante de pinole a base de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*). Jour. Food. Vol. 11. Nº 2, pp. 162-170
- Granados. S. D., Sánchez, G., A., Granados, V., R, L., Borja, R., A., 2011, Ecología de la vegetación del desierto chihuahuense. Rev. Chap. Ser. Cien. Forest. Amb. vol. xvii, pp. 111-131.
- Gómez, L, F. 2011. Aprovechamiento, manejo y valoración de plantas de importancia económica en zonas áridas y semiáridas de México. Tesis de

título facultad de doctorado en ciencias (biología). Universidad Nacional Autónoma de México, pp. 160-174.

Gómez V, C. 2003. Digestibilidad *in vitro* de dos variedades de mezquite (*Prosopis glandulosa* var. *glandulosa*, var *torreyana*). Tesis de título Ingeniero Agrónomo Zootecnista. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo Coahuila, pp. 11-13.

Gheno, H., Y, A., Gabino, N., B., Martínez, C., A, R., Sánchez, V., E., 2011, Las plantas medicinales de la organización de parteras y médicos indígenas tradicionales de Ixhuatlancillo, Veracruz, México y su significancia cultural. Polibotánica Vol. 31, pp. 199-251.

Gonzales. G. A., Duarte, C., A., Patto, A., C., Piccolo, B., M., 2008, Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis spp.* Procedente de Bolivia y Brasil. Arch. Lat. Nut. Vol. 58, pp. 309-314.

Gutiérrez, C., J, G., Aguilera, G., L, I., Gonzales, E., C, E., 2008, Agroecología y sustentabilidad. Rev. Cien. Soc. Vol. 46, pp. 51-87.

Hernández. H. J. A., Valenzuela, N., L, M., Flores, H., A., Ríos, S., J, C., 2014, Análisis dimensional para determinar volumen y peso de madera de mezquite (*Prosopis L.*). Inst. Eco. A.C. Vol. 20, pp. 155-161.

Johnston, M., C., 1962, The north american mesquites spp. *Prosopis* sect. *Algarobi* (Leguminoseae). Brittonia Vol. 14, pp. 72-90.

López. M. E. 2013. Respuesta de la regeneración natural de mezquite (*Prosopis glandulosa torr.*) en tratamientos del suelo y vegetación en Zaragoza Coahuila México. Tesis facultad de ingeniería forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, pp. 10-12.

- Llano. C., Ugan. G., Otaola, C., 2012, Arqueología experimental y valoración nutricional del fruto de algarrobo (*Prosopis flexuosa*): inferencias sobre la presencia de macrorrestos en sitios arqueológicos. Intersec. Agrop. Vol. 13 pp. 513-524.
- Leff. E. 1998. Globalización, ambiente y sustentabilidad. Revista "Saber ambiental", 6ª edición, pp. 1-7.
- López, F., Yolanda, L., Goycolea, F., M., Valdez, M., A., De la Barca, C., A, M., 2006, Goma de mezquite: una alternativa e uso industrial interciencia. Asoc. Inter. Vol. 31, pp. 183-189.
- Martínez, M., D., Alvarado, F., R., Mendoza, C., M., Basurto, P., F., 2006, Plantas medicinales de cuatro mercados del estado de Puebla, México. Bol.Soc.Bot.Méx. Vol. 79, pp. 79-87.
- Mathur. R. (2002). Mezquite (*Prosopis juliflora*). Enero, 2015, de feedipedia sitio web: www.feedipedia.org/node/554
- Medina. M. N., Espinoza, V., L, J., Ávila, S., N., Murillo, A., B., 2013, Composición química de forrajes del agostadero y su relación con la composición química de leche de cabras criollas. Interciencia. Vol. 38, pp. 132-138.
- Osuna. L. E., Meza. S. R., 2003, Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las pocitas, B.C.S. Foll. Cient. Vol. 3, pp. 39-43.
- Morales R., Arrequín, L., G., N., 2010. Identificación de oportunidades para el desarrollo rural mediante la plantación de mezquite II.Revista verano de la ciencia, pp. 3-6.

- Murillo. A. B., López, A., R., García, H., J, L., Nieto, G., A., Troyo, E., D., Ávila, S., N., Espinoza, V., J, L., Palacios, E., A., Plascencia, J., A., 2009, Cultivos forrajeros alternativos para las zonas áridas. Cien. Tec. Inov. Des. Vol. 1, pp. 1-1.
- Navarro, P., L., Avendaño, R., S., 2002, Flora útil del municipio de Astacinga, Veracruz, México. Polibotánica Vol. 14, pp. 67-84.
- Ortiz. P. S. A., 2006. Determinación de la composición química proximal y fibra dietaria de 43 variedades criollas de maíz de 7 municipios del sureste del estado de Hidalgo. Tesis licenciatura en nutrición. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, pp. 10-11.
- Palacios. A. R., 2006, Los mezquites Mexicanos: biodiversidad y distribución geográfica. Bol. Soc. Argent. Bot. vol.41, pp.99-121.
- Palacios R., Brizuela, M., 2005, *Prosopis*: Historia y elementos para su domesticación Agro. Vol. 2, pp. 41-51.
- Prokopiuk D. B., 2004, Sucedáneo del café de algarroba (*Prosopis alba Griseb*). Tesis Facultad de Doctorado. Universidad de Valencia. pp. 9-10.
- Prokopiuk D., Cruz, G. Grados, N., Garro, O., Chiralt, A., 2000, Estudio comparativo entre frutos de *prosopis Alba* y *Prosopis Pallida*. Multeq. Vol. 9, pp. 35-45.
- Ramírez, M. M., Cruz, M., T, y Victoria., Vizcarra, M., M., Amaya, S., I., 2014, Determinación de las isotermas de sorción y las propiedades termodinámicas de harina de maíz nixtamalizada. Rev. Mex. Ing. Quim. Vol. 13 pp. 165-178.

- Raymundo, T. Valenzuela, R. Gutiérrez, A., Coronado, M., R., Esqueda, M., 2013, *Agaricomycetes xilófagos* de la planicie central del desierto sonorense. Rev. Mex. Bio. Vol. 84, pp. 417-424.
- Resendez. V. K. 2014. Evaluación del daño por insectos en la vaina de *Prosopis laevigata* (Wild) M.c. Johnston) en una zona mezquitera del estado de Durango. Tesis Maestría en ciencias de gestión ambiental. Instituto Politécnico Nacional, victoria de Durango, Dgo.
- Reveles, S., F, O., Rosales, S., R., Nava, B., C, A., Delgado, L., E., Cuellar, R., E, I., Carrete, C., F, O., Ríos, S., J, C., 2010, Identificación de especies vegetales con potencial para la producción de biocombustibles líquidos en Durango, México. Rev. Mex. Cien. Agri. Vol. 1, pp. 45-54.
- Rodríguez. S. E., Rojo. M. G., Ramírez. V. B., Martínez. R. R., Cong. H. M., Medina. T. S., Piña. R. H., 2014, Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Wild.) en México. Ra Ximhai. Vol. 10, nº3, pp. 173 - 193.
- Rodríguez. A. R., Ramírez, A., A, M., Palacios, J., H., Fuentes, T., F, J., Silva, G., J, A., Saucedo, C., A, R., 2015. Características anatómicas, físico mecánicas y de maquinado de la madera de mezquite (*Prosopis velutina wooton*). Rev. Mex. Cien. For. Vol. 6, pp. 156-173.
- Rodríguez. S. C. 2002. Diseño de indicadores de sustentabilidad por cuencas hidrográficas. Inst. Nac. Eco., pp. 8-18.
- Ríos. S. J. Martínez, S., M., Mojica, G., A., 2013. Caracterización ecológica y socioeconómica del mezquite (*Prosopis spp.*). Eco. Usos. Esp. Forest. Int. Com. Zon. Arid. Mex. Vol. 5, pp. 51-53.

- Ruiz. T. D. 2011. Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del altiplano potosino. Tesis de título facultad de maestría en ciencias ambientales. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Rzedowski. J. 1988. Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoideae) en Norteamérica. Act. Bot. Mex. Vol. 3, pp. 7-19.
- Sáez. V. A., Solarte. V. J., Martínez. M. A., Habeych. N. D. 2004. Evaluación de un medio de cultivo a partir del fruto de *Prosopis juliflora*. Rev. Uni. EAFIT Vol. 40, pp. 9-17.
- Sawal. 2004. Mezquite (*Prosopis juliflora*). Mayo 12, 2014, de feedipedia Sitio web: <http://feedipedia.org/node/553>
- Sarandón. S. J., Flores, C. C. 2014, Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo. Universidad de la plata Vol. 1, pp. 58-80.
- Sebastián. F. J., Giraldo, G. G., Duque. C. A. L. 2008, Isotermas de sorción modeladas a partir de la determinación de la humedad y la aw en trozos de frutas tropicales Rev. Inv. Vol. 18, pp. 81-86.
- Silva. M. P. Martínez, M. J., Coirini, R., Brounetti, M., A., Balzarini, M., Karlin, U., 2000, Valoración nutritiva del fruto del algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*) bajo distintos tipos de almacenamiento. Multequina Vol. 9, pp. 65-74.
- Sosa. M. Galarza, J., L., Lenbgue, T., Soto, R., Puga, S., 2006, Clasificación de las comunidades vegetales en la región árida del estado de Chihuahua, México. Ecol. Apl. Vol. 5, pp. 53-59.

- Trejo. E. J. L., Rodríguez, M., M., Vernon, C., E, J., Cruz, S., F., 2010. Propiedades emulsificantes de la goma producida por cultivo de células en suspensión de *Prosopis Laevigata* (Humb. & Bonpl. Ex Willd) M.c Johnst (*Mezquite*) en un biorreactor Rev. Mex. Ing. Quim. Vol. 9, pp. 251-260.
- Trevisson. M. R., 1992. Tesis de Grado. Evaluación nutricional del fruto de tres especies de algarrobos *Prosopis alba* var. *Panta.*, *Prosopis chilensis* y *Prosopis nigra* procedentes del Noroeste de la Provincia de Córdoba. Cátedra de Ecología. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Córdoba.
- Toledo. V. M. 2012. La Agroecología en Latinoamérica: tres revoluciones, una misma transformación. Agr. Vol. 6, pp. 37-46.
- Urdaneta. H., León. J. Núñez. L., Pérez. R., Urdaneta. C. 2012, *Prosopis juliflora* (Leguminoseae-Mimosoideae) como ingrediente en el alimento para alevines de la tilapia roja (*Oreochromis spp.*). Bol. cent.invest. biol Vol. 46, pp. 353-367.
- Valenzuela. N. L. M., Trucio. C. R., Ríos. S. J., Flores. H. A., Gonzales. B. J. 2011, Caracterización dasométrica y delimitación de rodales de *mezquite* (*Prosopis sp*) en el estado de Coahuila. Revista Chap.Ser.Cien. Forest. Amb. Vol. xvii, pp. 87-96.
- Zarate. V. J. 2011. Estudio regional forestal de la UMAFOR Laguna, Estado de Coahuila. Proyecto de investigación. Universidad Autónoma de Chapingo