

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

**USO POTENCIAL DE LA VAINA DE MEZQUITE PARA LA ALIMENTACIÓN DE
ANIMALES DOMÉSTICOS DEL ALTIPLANO POTOSINO**

PRESENTA:

DAVID RAMIRO RUIZ TAVARES

DIRECTOR DE TESIS:

JUAN CARLOS GARCÍA LÓPEZ

ASEORES:

GREGORIO ÁLVAREZ FUENTES

YOLANDA JASSO PINEDA

SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P., AGOSTO DE 2011



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, INGENIERÍA Y MEDICINA

PROGRAMAS MULTIDISCIPLINARIOS DE POSGRADO EN CIENCIAS
AMBIENTALES

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES

USO POTENCIAL DE LA VAINA DE MEZQUITE PARA LA ALIMENTACIÓN DE ANIMALES DOMÉSTICOS DEL ALTIPLANO POTOSINO

PRESENTA:

DAVID RAMIRO RUIZ TAVARES

COMITÉ TUTELAR:

DIRECTOR: JUAN CARLOS GARCÍA LÓPEZ

ASESOR: GREGORIO ÁLVAREZ FUENTES

ASESOR: YOLANDA JASSO PINEDA

SINODALES:

PRESIDENTE: JUAN CARLOS GARCÍA LÓPEZ

SECRETARIO: GREGORIO ÁLVAREZ FUENTES

VOCAL: JUAN MANUEL PINOS RODRÍGUEZ

San Luis Potosí, S.L.P. Agosto 2011

CRÉDITOS INSTITUCIONALES

PROYECTO REALIZADO EN:

El Instituto de Investigación de Zonas Desérticas (IIZD) de la
Universidad Autónoma de San Luis Potosí
Bajo la tutoría del Dr. Juan Carlos García López

CON FINANCIAMIENTO DE:

Programa de Mejoramiento de Profesorado (PROMEP)
Convenio: PROMEP /103.5/08/5636

A TRAVÉS DEL PROYECTO DENOMINADO:

Avicultura Tradicional en los Solares de San Luis Potosí

AGRADEZCO A CONACyT EL OTORGAMIENTO DE LA BECA-TESIS

Becario No. 332591

**LA MAESTRÍA EN CIENCIAS AMBIENTALES RECIBE APOYO ATRAVÉS
DEL PROGRAMA NACIONAL DE POSGRADOS DE CALIDAD (PNPC)**

DEDICATORIA

El presente trabajo es dedicado a todas las personas que han confiado en mí, y me han brindado todo su apoyo y comprensión.

En especial a mi familia, quienes me han otorgado todas las facilidades para desarrollarme y poder alcanzar las metas que me he trazado, siempre orientándome y corrigiéndome cuando ha sido necesario.

Mis padres

Emilia Tavares Adán

Ramiro Ruiz Huerta

Mi hermano

Luis Enrique Ruiz Tavares

Gracias también a ustedes amigos, por brindarme su amistad, apoyo y consejos.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Juan Carlos García López por ser mi maestro y permitirme formar parte de su grupo de investigación, por su apoyo, dirección y consejos.

Al Dr. Gregorio Álvarez Fuentes por ser mi maestro, asesor en el desarrollo de mi tesis, gracias por el tiempo dedicado y la transmisión de sus conocimientos.

A la Dra. Yolanda Jasso Pineda por ser mi asesora en el desarrollo de mi tesis y por su gran apoyo y asesoría de los trabajos de laboratorio.

Al Dr. Juan Rogelio Aguirre Rivera por su apoyo en la realización de este trabajo y la transmisión de sus grandes conocimientos.

Al Dr. Juan Manuel Pinos Rodríguez por sus observaciones y apoyo.

También agradezco a todo el personal del Instituto de Investigación de Zonas Desérticas (IIZD), y de la Agenda Ambiental por todo su apoyo en la realización de este proyecto.

Agradecimiento a todos mis amigos por compartir momentos inolvidables.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	VII
ÍNDICE DE TABLAS	VIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
RESUMEN GENERAL	IX
ABSTRACT	X
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
HIPÓTESIS	3
OBJETIVO GENERAL.....	3
FASES	3
CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO DEL USO DE LA VAINA DE MEZQUITE EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL DE LAS COMUNIDADES RURALES DEL ALTIPLANO POTOSINO.	4
RESUMEN	4
ABSTRACT	5
INTRODUCCIÓN.....	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	8
<i>Antecedentes</i>	8
<i>Altiplano potosino</i>	9
<i>Producción pecuaria</i>	9
<i>Actividad agrícola</i>	11
<i>Sustentabilidad</i>	12
<i>El mezquite</i>	12
Descripción botánica.....	12
Partes del mezquite.....	13
El mezquite en México.....	14
El mezquite a través del tiempo.....	16
El Mezquite en San Luis Potosí.....	17
Descripción de las especies	18
<i>Prosopis laevigata</i>	18
<i>Prosopis glandulosa</i> var. <i>torreyana</i>	19
<i>Prosopis juliflora</i>	19
Usos e importancia económica del mezquite.....	20
Alimentación animal	21
Alimentación humana	22
Uso medicinal.....	23
Gomas.....	23
Uso forestal.....	23
Importancia ecológica del mezquite.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS	28
<i>Área de estudio</i>	28
<i>Obtención de la información</i>	29
<i>Elaboración de la encuesta</i>	29
<i>Encuesta a productores</i>	29
<i>Entrevista a informantes clave</i>	29
<i>Observación directa</i>	30
<i>Cálculo del tamaño de muestra</i>	30
<i>Análisis estadístico</i>	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
CONCLUSIONES.....	39

LITERATURA CITADA	40
CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y MORFOLÓGICA DE LA VAINA DE <i>Prosopis laevigata</i> EN EL ALTIPLANO POTOSINO.	43
RESUMEN	43
ABSTRACT	44
INTRODUCCIÓN	45
REVISIÓN DE LITERATURA	46
<i>Alimentación animal</i>	46
Agua	47
Proteínas	48
Carbohidratos	49
Lípidos	50
Vitaminas	50
Minerales	51
<i>Necesidades de proteína y energía</i>	52
<i>Fuentes comunes de proteína</i>	52
Pasta de soya	52
Alfalfa (Medicago sativa)	53
Pasta de algodón	53
Pasta de girasol	53
Pasta de cártamo	53
Gluten de maíz	53
Grano seco de destilería	54
Harinas de pescado	54
Harinas de carne	54
Harina de pluma	54
Harina de sangre	54
<i>Fuentes comunes de energía</i>	55
Maíz (Zea mays L.)	55
Sorgo (Sorghum vulgare Pers.)	55
Avena (Avena sativa L.)	55
Trigo (Triticum aestivum L.)	55
<i>Fuentes alternas de proteína y energía</i>	56
Mezquite (Prosopis spp.)	57
Magüey (agave spp.)	58
La morera (Morus spp.)	60
Huizache (Acacia schaffneri)	60
Algarrobo (Ceratonia siliqua L.)	61
<i>Sistemas ganaderos del Altiplano potosino</i>	61
MATERIALES Y MÉTODOS	62
Área de estudio	62
Recolección de la vaina	62
Preparación de las muestras	62
Caracterización morfológica de la vaina	62
Análisis proximal	63
Análisis estadístico	67
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
CONCLUSIONES	76
LITERATURA CITADA	77
CAPÍTULO 3. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE VAINA DE <i>Prosopis laevigata</i> EN KG DE MATERIA SECA POR HECTÁREA DENTRO DEL ALTIPLANO POTOSINO.	79
RESUMEN	79

ABSTRACT	80
INTRODUCCIÓN	81
REVISIÓN DE LITERATURA	82
<i>Evaluación de las poblaciones de mezquite en el Altiplano potosino</i>	82
<i>Método de reproducción</i>	82
<i>Genética</i>	83
<i>Producción de vaina y semilla</i>	84
<i>Métodos de medición de la productividad de mezquite</i>	85
Métodos manuales	85
Métodos predictivos	85
<i>Características fenológicas</i>	86
<i>Cultivo</i>	86
MATERIALES Y MÉTODOS	88
<i>Área de estudio</i>	88
<i>Generación de la ecuación predictiva</i>	88
<i>Cosecha de las vainas</i>	88
<i>Análisis estadístico</i>	88
<i>Estimación de la producción de vaina</i>	89
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	90
CONCLUSIONES	93
LITERATURA CITADA	94
CONCLUSIONES GENERALES	95
ANEXOS	96

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. División política del estado de San Luis Potosí.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2. Mapa de distribución potencial de mezquite en el Altiplano potosino.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3. Composición del ganado por unidad familiar.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 4. Uso de la vaina de mezquite.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 5. Meses de utilización de vaina de mezquite.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 6. Forma en que se brinda la vaina de mezquite.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 7. Consumo humano de la vaina de mezquite.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 8. Fraccionamiento de los componentes de los alimentos.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 9. Variante "A" de la especie P. laevigata.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 10. Variante "B" de la especie P. laevigata.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 11. Variante "C" de la especie P. laevigata.....</i>	<i>70</i>

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Número de cuestionarios por municipio</i>	31
---	----

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Usos y beneficios del mezquite</i>	25
<i>Cuadro 2. Características nutrimentales generales del mezquite (fruto maduro)</i>	58
<i>Cuadro 3. Características nutrimentales generales del maguey</i>	60
<i>Cuadro 4. Características nutrimentales de P. laevigata.</i>	71
<i>Cuadro 5. Características morfológicas de la vaina de P. laevigata.</i>	73
<i>Cuadro 6. Características morfológicas de la semilla de P. laevigata.</i>	74
<i>Cuadro 7. Semillas por kilogramo de las especies de mezquite en el estado de San Luis Potosí</i>	85
<i>Cuadro 8. Etapas fenológicas del mezquite en el estado de San Luis Potosí</i>	86
<i>Cuadro 9. Variables alométricas utilizadas para obtener el modelo predictivo de producción de vaina de P. laevigata en el Altiplano potosino.</i>	90
<i>Cuadro 10. Estadísticos de las variables de P. laevigata</i>	91
<i>Cuadro 11. Análisis de varianza para el modelo de regresión múltiple de P. laevigata</i>	91
<i>Cuadro 12. Producción estimada de vaina de P. laevigata.</i>	92

RESUMEN GENERAL

Uno de los recursos naturales más utilizados por los habitantes del Altiplano potosino a través del tiempo ha sido el árbol de mezquite (*Prosopis* spp.) debido a los grandes beneficios económicos y ecológicos que representa. El objetivo de este trabajo fue conocer e identificar el uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos en el Altiplano potosino, para ello el estudio se realizó en tres etapas: el diagnóstico del uso de la vaina de mezquite en la alimentación animal de las comunidades rurales; la caracterización química y morfológica de la vaina de *Prosopis laevigata*; así como la estimación de su producción en kg de materia seca de vaina por hectárea. El 96.5 % de los productores utiliza la vaina de mezquite ya sea como forraje, alimento o para su venta, sobresaliendo su uso dentro de la alimentación animal durante la época de estiaje; la alimentación del ganado se basa principalmente en agostadero y en menor medida en alimento comercial y desperdicios de cocina; durante los recorridos de campo se observó y confirmó la presencia de las especies *P. glandulosa* var. *torreyana* y *P. laevigata*, siendo ésta última la más abundante y utilizada por los productores pecuarios. Se distinguieron de acuerdo a características morfológicas y de composición química tres variantes (A, B y C) de *P. laevigata*; la variante B fue la que presentó los mejores resultados ($P < 0.05$) desde el punto de vista químico, ya que tiene el mayor contenido de proteína, un considerable contenido de carbohidratos, así como valores bajos de contenido de fibra detergente ácida (FDA), por lo que podría resultar más digestible para los rumiantes. En lo que respecta a las características morfológicas la variante que presentó las características más importantes fue la variante B, misma que presentó un buen peso de su vaina y semilla, así como el mayor número de semillas. La coloración de la especie en sus tres variantes analizadas no presentó diferencias significativas tanto en la vaina como en la semilla. La producción estimada de vaina de *P. laevigata* es de 3.7 toneladas por hectárea, con una densidad promedio de 194 árboles, siendo la variable diámetro a la altura del pecho (DAP), la que presenta la mayor correlación con la producción de vaina. El mezquite es un recurso natural que sigue siendo ampliamente importante para los habitantes del Altiplano potosino, sobresaliendo su uso dentro del desarrollo de las actividades pecuarias siendo una fuente nutricional para el ganado con beneficios para los productores de bajo recursos.

ABSTRACT

One of the natural resources most used by the producers in San Luis Potosí Highlands through time has been the mesquite tree (*Prosopis* spp.) because of its well known economical and ecological benefits that represents. The aim of this study was recognize and identify the potential use of mesquite pods in animal feeding in the San Luis Potosí highlands; the study was performed in three phases: the diagnostic in the use of mesquite pods in animal feeding in rural communities, chemical and morphologic characterization of *Prosopis laevigata* pod; and to estimate the mesquite pods dry matter production in kg per hectare of *P. laevigata*. Ninety six percent of the producers use mesquite pods as a forage, feed or to sell, with a special use during drought periods; rangeland is the main form for grazing cattle, in less account commercial feed and kitchen leftovers. During the visits the presence of *P. glandulosa* var. *torreyana* and *P. laevigata*, were observed, been the latest more abundant and used by the producers. According to the chemical and morphologic composition three variants (A, B y C) of *P. laevigata* were observed, variant B was the one who showed ($P<0.05$) the best results from a chemical point of view, it has the best content of protein, a good carbohydrate content, and low acid detergent fiber ADF values that makes it probably more digestible for ruminants. In regard to morphologic traits the B variant was the best showing a good pod and seed weight, and the large account of seeds. In respect to color the three variants were similar in pod and seed coloration. Results showed an estimated production of 3.7 ton per hectare, with an average density of 194 trees. The variable diameter showed a higher ($P<0.05$) correlation with the mesquite pod production. Mesquite tree is a natural resource that still is an important resource for the San Luis Potosí highlands producers, with the aim use as feed for cattle for low income producers.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Actualmente las tierras áridas conforman aproximadamente una tercera parte de la superficie de terreno mundial. De acuerdo con Rivera *et al.*, (2007), el 65% de nuestro país se encuentra clasificado como árido a semiárido y dadas las condiciones climáticas y ecológicas adversas de estas regiones el desarrollo de las actividades productivas se han visto limitadas. Siendo la dotación de recursos naturales y la superficie apta para el desarrollo de las actividades productivas, factores estructurales básicos para el desarrollo de una sociedad.

El Altiplano potosino cuenta con diferentes tipos de árboles, pastos y arbustos que se reproducen de manera natural, y que podrían ofrecer un potencial de uso para cubrir diversas necesidades de la población. Tal es el caso del árbol de mezquite, el cual ha sido un recurso ampliamente benéfico para las comunidades asentadas en las zonas áridas y semiáridas del norte de México, debido a los beneficios económicos y ecológicos que representa (forraje, alimento, usos forestal, etc.) (Gómez *et al.*, 2009).

En México cerca del 50% de la población presenta algún tipo de desnutrición y/o pobreza, de los cuales cerca del 77% se encuentran localizadas en el medio rural (Iturbide *et al.*, 1998), situación que ha motivado a diversos organismos a impulsar los sistemas de producción animal de traspatio; mismos que se caracterizan en que cada familia desarrolla su propia unidad productiva utilizando los recursos existentes de manera natural dentro de su comunidad. La ganadería denominada de traspatio, que prevalece en las regiones rurales de nuestro país, se caracteriza por la cría y explotación de aves, porcinos, bovinos, ovinos, caprinos y animales de trabajo denominados en general animales “criollos” (Zapata, 2009). Dichas especies se alojan en instalaciones rústicas, sin un correcto control sanitario y con una alimentación precaria a base de productos y subproductos agrícolas generados casi siempre en la misma unidad de explotación, así como con residuos alimenticios que no garantizan un adecuado mantenimiento de los animales.

En lo que respecta al Altiplano potosino cerca del 70% de las comunidades que lo integran presentan altos índices de marginación y pobreza (INEGI, 2010); así como condiciones climáticas y ecológicas adversas, lo que ha ocasionado que el desarrollo de las actividades pecuarias se vea limitado entre otros factores por la falta de disponibilidad y calidad de alimentos utilizados en el mantenimiento del ganado. Entre los principales problemas relacionados con esta situación, se encuentran bajas tasas de producción animal, y grandes pérdidas económicas de los productores por la venta de sus animales durante la época de estiaje; dificultando con ello su comercialización y provocando la migración de un gran porcentaje de la población, por lo que esta actividad poco a poco empieza a quedar relegada como una fuente complementaria de ingreso de dinero.

Ante este panorama, resulta importante la generación de alternativas vinculadas con el uso eficiente de los recursos naturales renovables de la región. En este sentido conocer el potencial de la vaina de mezquite dentro de la alimentación animal en los solares del Altiplano potosino, podría resultar una importante alternativa para mejorar los sistemas de producción animal de comunidades con recursos económicos limitados, ante el hecho de que el mezquite es un recurso natural renovable, abundante, que presenta un considerable contenido de proteína, azúcares y fibra dietética (Sáenz *et al.*, 2004). Debido a lo anterior se realizó un estudio para conocer e identificar el uso potencial de la vaina de mezquite en la alimentación de los animales de las comunidades rurales del Altiplano potosino.

HIPÓTESIS

La vaina de mezquite (*Prosopis* spp.) dadas sus características nutrimentales y de productividad, representa una alternativa de alimento alterna sustentable para animales domésticos de los solares del Altiplano potosino.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio para conocer e identificar el uso potencial de la vaina de mezquite en la alimentación de animales domésticos en el Altiplano potosino.

FASES

- Diagnóstico del uso de la vaina de mezquite en la alimentación animal de las comunidades rurales del Altiplano potosino.
- Caracterización química y morfológica de la vaina de *Prosopis laevigata* dentro el Altiplano potosino.
- Estimación de la producción de vaina de *Prosopis laevigata* en kg de materia seca por hectárea dentro del Altiplano potosino

CAPÍTULO 1. DIAGNÓSTICO DEL USO DE LA VAINA DE MEZQUITE EN LA ALIMENTACIÓN ANIMAL DE LAS COMUNIDADES RURALES DEL ALTIPLANO POTOSINO.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue conocer el uso de la vaina de mezquite en la alimentación animal en las comunidades rurales del Altiplano potosino. Se realizaron entrevistas a productores pecuarios de diferentes municipios de la región. La composición del ganado en el área de estudio se encuentra integrada en su mayoría por caprinos con 75% en comparación con porcentajes bajos como son 4% de aves, 1% cerdos y 2% equinos. La fuente principal de alimentación de los animales es el agostadero. En lo que respecta a asistencia técnica el 70% de los encuestados recibe al menos una vez al año este tipo de apoyo; y sólo el 40% de éstos recibe asistencia relacionada con nutrición animal, derivado de lo anterior muy pocos productores han recibido información acerca de las características nutricionales de la vaina de mezquite, su forma de utilización e importancia ecológica. El 96.5% de los productores encuestados utiliza la vaina de mezquite como forraje, esto durante los meses de diciembre a junio. La colecta de vaina de mezquite por día llega a ser hasta 100 kg, cabe destacar que el 20% de los encuestados compra vaina de mezquite como complemento a lo recolectado. Respecto a la especie de mezquite utilizada los productores no tienen conocimiento, siendo la vaina de coloración morada la más demandada debido a que es más apetecible por el ganado. Durante los recorridos se observó y confirmó la presencia de las dos especies *Prosopis glandulosa* var *torreyana* y *Prosopis laevigata*, siendo ésta última la más abundante y utilizada por los productores. En lo que respecta a la venta sólo el 4% de los entrevistados lo hace, de éstos el 2% vende la vaina de mezquite entera y 2% la vende molida; el precio es de 2 a 3 pesos entera y de 4 a 4.50 pesos molida. Se puede concluir que la vaina de mezquite es un recurso natural que sigue siendo importante para los habitantes del Altiplano potosino.

ABSTRACT

The aim of the present study was to learn about the use of mesquite pod in animal feeding in the rural communities of the Potosino highlands. Interviews to livestock producers were made of different counties in the region. Livestock composition in the area was mainly goats with 75% compared with poultry (4%) swine (1%) and equine with 2%. The main form for grazing cattle is the rangeland. In respect to technical assistance only 70% of the producers had it once a year; only 40% of these received it related to animal nutrition, because of this only a few producers had information regarding mesquite pod as a feed, form of utilization and ecological importance. Ninety six point five percent of the producers use mesquite pods as a forage, feed or to sell, with a special use during drought periods. The mesquite pod collect is about 100kg per day; in addition to the collected 20% of the producers buy mesquite pod. The producers do not have knowledge about the species of mesquite used, they select the mesquite pod by color, and the purple one is the one they choice, arguing that it's the cattle preference. During the visits the presence of *Prosopis glandulosa* var *torreyana* and *Prosopis laevigata*, was observed, been the latest more abundant and used by the producers. Only 4% of the producers are dedicated to sell the mesquite pod, either as a whole for 2 or 3 pesos for kg or grinded 4 to 4.5 peso for a kg. It can be concluded that mesquite pod is still a very important natural resource to the Potosino highlands producers.

INTRODUCCIÓN

Las tierras áridas a nivel mundial conforman aproximadamente una tercera parte de la base de terreno total y están en una tendencia de alza en su crecimiento. De acuerdo con Rivera *et al.*, (2007), el 65% del país se encuentra clasificado como árido a semiárido y la mayor superficie de este paisaje se localiza en las enormes extensiones y llanos de Coahuila, San Luis Potosí, Chihuahua, Zacatecas, Nuevo León y Tamaulipas. Dadas las condiciones climáticas y ecológicas de estas regiones donde la vegetación está formada en su mayoría por diversos tipos de matorrales espinosos bajos y altos, así como bajos niveles de precipitación han creado un entorno difícil para el desarrollo de las actividades productivas en general (Rivera *et al.*, 2007).

En este sentido la dotación de recursos naturales, su correcto aprovechamiento, y la superficie apta para el desarrollo de las actividades productivas son, sin dudas, factores estructurales básicos para la supervivencia de una región y el desarrollo de una sociedad sana.

En el Altiplano potosino se cuenta con grandes extensiones de diferentes árboles, pastos y arbustos que se reproducen de manera natural, y que podrían ofrecer un potencial de uso para cubrir diversas necesidades de la población. De entre la vegetación propia de la zona sobresale el árbol de mezquite, mismo que ha estado ligado a las culturas del desierto en México desde épocas precolombinas, jugando un papel vital entre sus poblaciones.

En lo que respecta a la vaina de mezquite, de acuerdo a evidencias arqueo-botánicas y documentos históricos, ha sido utilizada como una importante fuente de alimento humano y animal. Los primeros registros arqueológicos del uso del mezquite en el Estado de San Luis Potosí como alimento humano, datan desde los tiempos de los indios cazadores Chichimecas y de los recolectores de comida que vagaban por sus montañas, cosechando las vainas de los mezquites que se comían como fruta fresca o se conservaban en una solución hecha de su propio jugo dulce. A través del tiempo se han venido conociendo nuevas formas de utilización de la vaina en la preparación de diversos alimentos como panes, piloncillos y quesos. En el caso de la alimentación animal, la utilización de la vaina data de siglos de observación de los hábitos de consumo del ganado. A través

de los años el consumo de la vaina por parte del ganado se ha establecido como una costumbre que ha permitido disminuir el costo de las raciones alimenticias que son suministradas, así como mantener al ganado en buen estado durante la época de estiaje debido a su alto contenido de carbohidratos y proteína. Por lo anterior se realizó un estudio de diagnóstico con la finalidad de conocer la situación actual del uso de la vaina de mezquite en la alimentación animal de las comunidades rurales del Altiplano potosino.

REVISIÓN DE LITERATURA

Antecedentes

El Estado de San Luis Potosí se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas 24°22' y 21°07' de latitud norte y 98°20' y 102°17' de longitud oeste, en la región norte-centro del territorio nacional, ocupando una muy extensa área del Altiplano mexicano. Colindando al norte con Coahuila y Nuevo León, al noreste con Tamaulipas, al este con Veracruz, al sureste con Hidalgo, al sur con Querétaro y Guanajuato, al oeste con Zacatecas y al suroeste con Jalisco. El Estado se encuentra conformado por tres regiones naturales; región Altiplano, región Media y región Huasteca, siendo la de mayor extensión territorial la región del Altiplano; razón por lo cual, se dividió en región del Altiplano y región Centro para facilitar su estudio y administración (Figura 1). Al año 2010, el Estado de San Luis Potosí estaba dividido en 58 municipios; la población total era de 2, 585, 518 habitantes y de éstos cerca del 37% se encontraba localizada en las zonas rurales.



Figura 1. División política del estado de San Luis Potosí

Fuente: (<http://www.elsonido13.com>)

La entidad presenta una variedad climática que incluye, desde los cálidos relativamente húmedos de la región costera, hasta los secos templados del Altiplano. Gama que se debe, por un lado, a las variaciones de altitud y latitud, y por otro a la influencia marítima, siendo la Sierra Madre Oriental el factor determinante en la diversidad de climas, ya que al actuar como barrera orográfica hace que la humedad que proviene del Golfo se detenga en ella y los vientos pasen secos hacia el centro y poniente del estado (INEGI, 2010). Los climas predominantes del estado son el seco y semi-seco, que se presentan en el 71% de la superficie.

Altiplano potosino

El Altiplano potosino se encuentra ubicado en la parte meridional del Desierto chihuahuense, ocupando una muy extensa área de la región natural conocida como el “Salado”. Esta región, tiene como climas predominantes el seco templado (*BS k*) y el seco semicálido (*BS h*), presenta una temperatura media anual de 16°C, una precipitación pluvial media anual de 400 mm, siendo la vegetación predominante los matorrales rosetófilo y micrófilo, que son co-dominantes en la región con 48.58% y 42.53% respectivamente (INEGI, 2010).

De acuerdo al censo poblacional realizado por el INEGI en el año 2010, cerca del 12% de la población total estatal se localizaba en la región del Altiplano. Se estima que cerca de un cuarto de su población, sustenta su fuente de ingresos en actividades agropecuarias.

Los municipios que integran al Altiplano potosino son los siguientes: 1) Vanegas, 2) Cedral, 3) Catorce, 4) Villa de la Paz, 5) Matehuala, 6) Santo Domingo, 7)Charcas, 8) Villa de Guadalupe, 9) Guadalcázar, 10) Villa de Ramos, 11) Salinas, 12) Venado, 13) Villa Hidalgo, 14) Moctezuma y 15) Villa de Arista.

Producción pecuaria

Antes de la llegada de los europeos a tierras americanas, existían pueblos con culturas sedentarias con alto grado de desarrollo y organización, que practicaban una agricultura diversificada en la cual incluían la cría de algunas especies animales nativas como el guajolote. La ganadería de traspatio se inició prácticamente en la Época colonial, principalmente con especies de animales traídas de

Europa como los bovinos, caprinos, ovinos y la gallina, así como con diversas formas de producción que se establecieron en distintas partes del país (Rejón *et al.*, 1996).

La ganadería de traspatio, es una actividad desarrollada por la unidad doméstica familiar, que consiste en la crianza de distintas especies de animales en los patios de las casas-habitación de las comunidades rurales, en donde se utilizan pocos insumos y la mano de obra para el manejo de los animales es aportada por la familia. Los productos que se obtienen se destinan principalmente para el autoconsumo (Rejón *et al.*, 1996).

La actividad pecuaria es de gran importancia socioeconómica para el país y al igual que el resto del sector primario, ha servido de base al desarrollo de la industria nacional, proporcionando alimentos y materias primas, divisas, empleo, distribuyendo ingresos en el sector rural, y realizándose en regiones que no tienen cualidades adecuadas para la agricultura. La ganadería, es la actividad productiva más diseminada en el medio rural. Se realiza sin excepción en todas las regiones ecológicas del país y aún en condiciones adversas de clima, que no permiten la práctica de otras actividades productivas. De acuerdo con Rivera *et al.*, (2007) el 65% del país está clasificado como árido a semiárido y la mayor superficie de este paisaje se localiza principalmente en las enormes extensiones y llanos de Coahuila, San Luis Potosí, Chihuahua, Zacatecas, Nuevo León y Tamaulipas, siendo la vegetación predominante diversos tipos de matorrales espinosos bajos y altos, por lo que la producción agropecuaria y forestal dentro de estas áreas es considerada pobre si se clasificara como monocultivo (Rivera *et al.*, 2007).

En México de los 198 millones de hectáreas de la superficie nacional, aproximadamente el 16% es de uso agrícola, el 23% son bosques y selvas y el restante 61% es superficie de agostadero (PND, 2007). Lo anterior supone que la superficie ganadera es de más de cien millones de hectáreas (COTECOCA, 2002).

La mayoría de las actividades pecuarias, se realizan a través de una amplia gama de sistemas productivos, que van desde los altamente tecnificados e integrados, hasta las economías de tipo tradicional, orientadas principalmente hacia el autoabastecimiento de la familia campesina. Mientras

que para los primeros la producción representa una forma de inversión y de acumulación de capital, para los campesinos de bajos recursos, la práctica de la ganadería es una opción que les permite mantener la estabilidad biológica y económica de sus sistemas de producción. De igual forma, el ganado empleado en la producción de carne, leche, huevo, etc., también es una forma de ahorro y capitalización de los campesinos, y en ocasiones, un elemento económico que les permite la subsistencia cuando la agricultura, principalmente de temporal, se ve diezmada. Cuando las cosechas son abundantes, obtienen un valor agregado a través de su transformación a carne. En el país, el desarrollo ha conllevado, además de un crecimiento demográfico acelerado, la migración y concentración de la población en medianos y grandes centros urbanos. Lo anterior ha tenido un fuerte impacto en la demanda y en los hábitos de consumo, requiriéndose sistemas de producción que puedan generar volúmenes suficientes de alimentos de origen animal para abastecer a las grandes ciudades, situación que ha condicionado el diferente comportamiento de las ramas de la producción (Rejón *et al.*, 1996).

La ganadería en el Altiplano se maneja principalmente bajo los sistemas de producción extensiva y semiintensiva. Los principales animales explotados son cabras, seguidos de ovinos y bovinos. No existen datos precisos del inventario ganadero existente en el Altiplano potosino.

Actividad agrícola

Debido a las condiciones climáticas adversas (climas secos y semi-secos, así como escasa precipitación pluvial) existentes en el Altiplano potosino para el desarrollo de las actividades agrícolas, esta actividad es principalmente de temporal y tiene como principales cultivos al maíz, frijol, avena y cebada. Los productos se destinan generalmente al autoconsumo y cuando se tienen excedentes se comercializan. Es de considerarse que dentro de los municipios de Venado y Villa de Arista se llevan a cabo prácticas de agricultura intensiva basadas en la producción de hortalizas, las cuales se comercializan en el ámbito nacional y regional (Gómez *et al.*, 2009).

Sustentabilidad

La sustentabilidad de la producción pecuaria de traspatio es mínima, ya que las familias rurales en su mayoría no cuentan con la tecnología adecuada y accesible económicamente para reproducir exitosamente, obteniéndose generalmente porcentajes de nacimientos, producción de leche, carne, huevo, etc., bajos. La carencia de tecnología aplicable se debe a la poca investigación que permite generarla. Sin embargo, considerando la importancia de la producción animal de traspatio para el bienestar de la familia rural y de la eficiencia reproductiva para lograr un sistema sustentable, es necesario realizar investigación para generar técnicas de manejo que puedan ser validadas y transferidas a los usuarios potenciales en las comunidades rurales y que contribuyan a mejorar los rendimientos.

El mezquite

Descripción botánica

Los mezquites son especies botánicas de plantas 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 (Granados, 1996). Su nombre proviene de la palabra azteca “*misquitl*”, tienen hojas angostas, bipinadas compuestas, de 5 a 7,5 cm de largo, con puntas suaves y espinas en sus ramas (López *et al.*, 2006).

Estos árboles dan un fruto también llamado vaina de mezquite, la cual es indehiscente, correosa, frecuentemente algo dura, de varios centímetros de largo, con septo articulado en el endocarpio, mesocarpio pulposo y epicarpio coriáceo, varias o pocas semillas separadas una de otra por una red y fijadas en parénquima carnoso, a veces en pequeños tallos formando racimos de hasta doce vainas, generalmente de 3 a 30 cm de largo, planas y enroscadas en forma de espiral que contienen varias semillas alojadas en una pulpa dulce o bien seca y de color variable (Granados, 1996).

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 bipinadas, 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.

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.

Fruto; los frutos son vainas o legumbres en forma de lomento 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. El mesocarpio presenta una pulpa gruesa y esponjosa, de dulce sabor que envuelve al endocarpio el cual está articulado en pequeños compartimientos donde se alojan las semillas, dispuestas en una hilera ventral.

La fructificación se extiende durante los meses de mayo a agosto. 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.

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 (INE, 1994).

El mezquite en México

El bosque de *Prosopis* o mezquital es una comunidad muy difundida en México y es de distribución ecológica particularmente vasta, ya que se le encuentra desde el nivel del mar hasta los 2,500 metros de altitud, creciendo preferentemente en llanuras y bajíos, (Tapia *et al.*, 1999). Es común encontrarle asociado con otras comunidades vegetales; generalmente dicha vegetación comprende el matorral parvifolio inerme de *Flourensia cernua*, matorral parvifolio de *Acacia constricta*, matorral desértico rosetófilo de *Dasyliroton texanum*; también ocurre frecuentemente en pastizales y con gramíneas anuales, en compañía de especies como *Hilaria jamessi*, o bien con arbustivas como: nopal kakanapo (*Opuntia lindheimeri*), chaparro amargoso (*Castela texana*), coyotillo (*karwinskia humboldtiana*), guajillo (*A. berlandieri*), chaparro prieto (*A. rigidula*), huizache (*A. farnesiana*), cenizo (*Leucophyllum frutescens*), etc., (INE, 1994).

Aunque su principal rango de distribución se encuentra en las zonas áridas y semi-áridas, prospera en condiciones climáticas diversas que varían desde los desérticos (BW), hasta cálidos sub-húmedos (AW), y templados sub-húmedos (CW), por lo que se encuentra clasificada como una especie termo-xerófila, siendo su temperatura media anual de distribución de 20 a 29°C (INE, 1994).

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, (Sáenz *et al.*, 2004). Los tipos de suelo donde generalmente crece el mezquite son sierozem y chestnut, ya que estos son característicos de los lugares donde se encuentra distribuido el mezquite en el territorio nacional. Comúnmente los suelos, donde se establece *Prosopis*, son de buena calidad por lo que han sido utilizados para la agricultura, lo que originó su desplazamiento en muchos sitios del país.

El 65% del país está clasificado como árido a semiárido. 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.

Alrededor de mundo existen 44 especies de *Prosopis*, de las cuales 40 se distribuyen en el continente americano, 9 de ellas corresponden al centro de distribución México-texano y las restantes 31 son nativas del centro de distribución sudamericano (Argentina, Paraguay y Chile), (Harsh y Tewari, 1998). La distribución en nuestro país abarca las 9 especies ubicadas dentro de América del Norte y de ellas, 3 son endémicas de nuestro país: *P. tamaulipana*, *P. palmeri* y *P. articulata* (López *et al.*, 2006).

La distribución de las especies de *Prosopis* en la republica mexicana es la siguiente:

P. palmeri en Baja California.

P. pubescens en el norte de Chihuahua, Sonora, Baja California y Baja California Sur.

P. tamaulipana en Tamaulipas, Nuevo León y Veracruz.

P. laevigata en los estados de Baja California Sur, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Nuevo León, Querétaro, Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Zacatecas, Estado de México, Distrito Federal, Guerrero y Chiapas.

P. glandulosa var. torreyana en Baja California, Baja California Sur, Chihuahua, Sonora, San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León, Zacatecas y Yucatán.

P. glandulosa glandulosa en los estados de Coahuila, Durango, Tamaulipas, Nuevo León, Guanajuato, Michoacán y Yucatán.

P. juliflora en Baja California Sur, Baja California, Sonora, San Luis Potosí, Chihuahua, Zacatecas, Nuevo León, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Chipas, Querétaro, Estado de México, Morelos, Puebla, Hidalgo y Yucatán.

P. articulata en Baja California Sur y Sonora.

P. reptans cinerascens en Sonora, Coahuila, Nuevo León y Tamaulipas.

P. velutina en Sonora. (INE, 1994)

En los estados de Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León, se genera cerca del 98% de la producción forestal del mezquite, obteniéndose carbón, leña, postes para cercas, tablas, tablones y durmientes, representando los dos primeros productos cerca del 90% del valor económico total de la producción (Rodríguez y Maldonado, 1996).

El mezquite a través del tiempo

Durante siglos pasados, probablemente ninguna planta ha tenido una función tan grande y vital en las poblaciones asentadas en el suroeste de los Estados Unidos y en el norte de México, como el mezquite. Evidencias arqueo-botánicas y documentos históricos, establecen que varias especies de *Prosopis* constituyeron una importante fuente de alimento, combustible, cobijo, armas, herramientas, tintes y pinturas, medicinas, cosméticos, canastas, muebles, ropas, cuerdas, pegamento y muchos otros artículos de uso diario para los pobladores de las zonas áridas del continente americano antes de la llegada del hombre europeo (Flores, 1992).

Los primeros registros arqueológicos del uso del mezquite en México como alimento humano, datan desde los tiempos de los indios cazadores Chichimecas y de los recolectores de comida que vagaban por las montañas de San Luis Potosí, cosechando las vainas de los mezquites que se comían como fruta fresca o se conservaban en una solución hecha de su propio jugo dulce. En la Sierra de Pinacate Sonora se han encontrado molinos de piedra para hacer harina de mezquite que datan de 1,200 años A. de C. este tipo de molinos aún son usados por los Pápagos y los Seri (INE, 1994).

A principio de los años cuarentas, bajo el concepto de pastizal puro, los ganaderos empezaron a ver en el mezquite una plaga que debía ser eliminada de los pastizales en los que criaba su ganado, esto y la expansión urbana provoco la destrucción de muchos mezquites en México y Estados Unidos, para ser sustituidos por pastizales inducidos, que lamentablemente no siempre dieron los resultados esperados (INE, 1994).

El deterioro y la eventual pérdida de las especies son sin duda dos de los factores importantes que influyen significativamente en el detrimento del medio ambiente y el desarrollo sustentable, que consecuentemente son el resultado del aprovechamiento y la explotación desmedida de los recursos naturales. Particularmente, el caso del árbol de mezquite y su multiplicidad de beneficios encontrados lo convierten en uno de los principales recursos naturales para los habitantes de las regiones desérticas; ya que cada parte del recurso es aprovechada para consumo humano y animal, pero estas mismas características han ocasionado que el mezquite este siendo explotado de una

manera irracional principalmente como proveedor de leña y carbón, la goma es utilizada para la fabricación de pegamento, su vaina y la semilla son usadas como forraje para alimentación animal y en algunas ocasiones para alimentación humana, actualmente se ha diversificado el uso de la madera de mezquite cuyas características la hacen muy apreciada en el mercado nacional e internacional para la fabricación de muebles, artesanías e incluso duela de pisos, así como por el cambio en el uso del suelo; originalmente forestal y convertido a uso agrícola, habitacional o comercial; es por ello que la conservación de las poblaciones naturales de mezquite es dinamizada en función de las actividades socioeconómicas y no del mantenimiento y conservación de los ecosistemas en beneficio de las comunidades sociales (Espinosa y Lina, 2008).

La sobreexplotación de esta especie hace que disminuya considerablemente su población en el ecosistema desequilibrándolo significativamente, pues al ser fuente de alimento y refugio para otras especies, estas se verán obligadas a emigrar a otro hábitat que no les corresponde naturalmente, y esto como respuesta a los procesos naturales de sobrevivencia o incluso llevándolos directamente a su propia extinción, al mismo tiempo los ciclos biogeoquímicos se verán afectados seriamente, ya que al no contar con las especies necesarias para su correcto funcionamiento se convertirán en agentes nocivos para el propio ecosistema, (Espinosa y Lina, 2008). En algunas regiones de México se ha promovido el establecimiento de plantaciones comerciales de mezquite principalmente para la producción de carbón (Osuna y Meza, 2003). La tasa de deforestación anual en zonas semidesérticas, donde crece el mezquite, se ha estimado en 54 mil hectáreas anuales (Morán y Galletti, 2002).

En la actualidad y a pesar de su sobre explotación, el mezquite es todavía un recurso biótico de amplia distribución geográfica y ecológica en las zonas áridas de México, por lo que es considerado como recurso natural de alta importancia dentro de las mismas (INE, 2007).

El Mezquite en San Luis Potosí

El mezquite constituye uno de los recursos de mayor valor socioeconómico en la región semiárida de San Luis Potosí. De las nueve especies de *Prosopis* localizadas dentro de la República Mexicana, tres de ellas se distribuyen en el estado de San Luis Potosí: *P. laevigata* (Altiplano potosino), *P.*

glandulosa var. *torreyana* (Altiplano potosino y región Media) y *P. juliflora* (región Media). Las dos primeras especies se localizan en altitudes que van desde los 900 a los 2200 msnm, mientras que la *P. juliflora* en altitudes que oscilan entre los 0 y 800 msnm. Siendo la especie más abundante dentro del Altiplano potosino la *Prosopis laevigata* (Silbert, 1988).

De acuerdo a Argüelles y Montoya (1991), en 1960, Rzedowski estimó que en la entidad existían unas 200,000 hectáreas de bosques de mezquites. Para 1995 estimaciones indican una pérdida de 100,000 hectáreas de mezquiteras, debido principalmente a cambios en el uso del suelo para obtener leña combustible, madera, así como por la proliferación de parásitos como el muérdago que seca los árboles paulatinamente (Ramírez y Villanueva, 1998).

En la actualidad es muy difícil encontrar ejemplares cuya edad sea mayor a 10 años y menor a 100. Los arboles viejos permanecen casi como reliquias en los campos y sirven para brindar sombra tanto a los agricultores como a sus animales. La mayoría de los árboles cuya edad ha sobrepasado los 10 años han sido cortados.

Descripción de las especies

Prosopis laevigata

Origen y distribución: Es oriundo de regiones áridas y semiáridas del sur y sureste de los Estados Unidos y México. Es un árbol o arbusto que se encuentra en forma natural formando parte del matorral Espinoso o Selva baja espinosa subcaducifolia, así como en laderas riolíticas o en terrenos aluviales con vegetación muy alterada. Se localiza en el Altiplano potosino y Región media.

Descripción botánica: Es un arbusto o árbol leñoso de copa redonda y aplanada, cuyo tallo se ramifica a baja altura, en ocasiones al nivel del suelo. Alcanza hasta 12 a 14 m de altura. La madera es dura y pesada, en el centro es café o negra, muy durable por su dureza y consistencia; presenta flores en racimos de 4 a 10 cm de largo, color blanco verdoso, vainas rectas o ligeramente curvas de 7 a 20 cm de largo por 8 a 15 mm de ancho, color amarillento a rojizo, con semillas lisas color café claro de 8 a 10 mm de largo. Sus hojas son compuestas de uno a dos pares, pinnadas con 20 a 40

foliolos de 5 a 10 mm de largo, color verde pálido o grisáceo. La raíz es profunda. Las ramas presentan espinas laterales (Cedillo y Mayoral, 1997).

El crecimiento se encuentra íntimamente relacionado con la profundidad del suelo y la disponibilidad de agua en el subsuelo. Por tal motivo, los ejemplares que alcanzan mayor altura y grosor del fuste, se localizan en valles con suelos profundos, así como en los márgenes de ríos y arroyos, alrededor de los cuerpos de agua y en sectores con drenaje de los escasos escurrimientos en zonas áridas y semiáridas. La especie se desarrolla en zonas templadas, áridas y semiáridas, donde son muy comunes las temperaturas extremas, las cuales varían entre 0° y hasta 48°C, las precipitaciones son escasas, en algunas ocasiones son inferiores a 100 mm. Prospera mejor en suelos arenosos profundos de buen drenaje.

Prosopis glandulosa var. torreyana

Origen y distribución: Esta especie se distribuye ampliamente en México, extendiéndose hacia el noroeste dentro de los Estados Unidos. Se localiza en el Altiplano potosino

Descripción botánica: Mide de 7 a 12 metros de altura; en suelos arenosos crece como arbusto; presenta flores en racimos de 5 a 12 cm de largo, color amarillo-verdosas, 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. Las hojas tienen de 6 a 20 pares de foliolos 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.

Prosopis juliflora

Origen y distribución: Originaria de México. Elemento característico de las zonas áridas de Norte América aunque su distribución se ha extendido hasta algunas regiones áridas y semiáridas de Centro y Sudamérica (hasta Perú). Se localiza en la Región media y menor grado en el Altiplano.

Descripción botánica: Árbol o arbusto espinoso, caducifolio de 2 a 12 metros de altura, que en suelos profundos puede llegar a medir hasta los 15 metros; copa redondeada, amplia y plana, de

corteza lisa o levemente fisurada color pardo; presenta flores en racimos cilíndricos de 7 a 8 cm de largo, color amarilla-violácea. Las vainas maduras son aplanadas y rectas encorvadas en el ápice, color amarillo claro de 11 a 21 cm de largo por 0.8 a 1.2 cm de ancho. Contiene semillas, aplanadas rodeadas por una pulpa dulce, café sin endospermo, su tamaño va de 6 a 9 mm de largo por 4 a 6 mm de ancho y 2 a 4 mm de grosor. Testa delgada y permeable al agua; las hojas tienen de 10 a 16 pares de folíolos lineales o lanceolados de 19 a 22 mm de largo.

Se desarrolla en zonas de precipitación muy escasa desde 150 a 250 mm/año y en ciertos lugares con 500 a 1,000 mm/año, temperatura alta, humedad atmosférica escasa, insolación intensa. Se presenta en climas cálidos (Aw) y semicálidos (A(C) w). Crece en gran variedad de suelos, incluso en suelos muy pobres como dunas secas y guijosas. Suelos: Areno-arcilloso, salino, erosionado, rocoso, arenoso, suelos de aluvión, litologías de yesos, calizas y lutitas. Crece sin dificultad en suelos con un pH de 6.5 a 8.3 y es capaz de crecer en suelos sódicos con un pH de hasta 10.4.

Usos e importancia económica del mezquite

Los mezquites y especies afines son vegetales esencialmente termo-xerófilos de considerable interés para el hombre. Estas plantas son abundantes en muchas regiones áridas de América y con frecuencia constituyen el único elemento arbóreo de la vegetación (Rzedowski, 1988).

En la sociedad moderna el mezquite es una planta especialmente útil; es valioso para la alimentación del ganado, ya que sus vainas son altamente nutritivas y los retoños tiernos son comidos por los bovinos y otros animales; el tronco y las ramas son aún usados como postes para cercas y como leña. La madera que tiene una gran firmeza, se emplea para fabricar pisos de parquet, la leña es catalogada como una de las mejores del mundo por su alto contenido calórico, y el carbón, goza de mucha demanda en los restaurantes en que se preparan carnes asadas, asimismo la miel proveniente del mezquite tiene gran demanda por su calidad (Rodríguez y Maldonado, 1996). En lo que respecta a la alimentación humana la vaina se puede consumir entre otras maneras como fruta fresca, fruta en almíbar, pinole de mezquite, atole de mezquite, vino de mezquite, entre otras.

Entre los usos actuales más extendidos se encuentran:

Alimentación animal

Los mezquites se están convirtiendo rápidamente en una de las especies de árboles más importantes para usos múltiples en muchas regiones del mundo. Actualmente las tierras áridas a nivel mundial conforman aproximadamente una tercera parte de la base de terreno y están en una tendencia de alza en su crecimiento. Muchos, si no es que la mayoría de estos lugares áridos, tienen una severa escasez de los recursos naturales vitales para el desarrollo de una sociedad sana. La cosecha de la vaina del mezquite es bastante predecible; anualmente provee una fuente abundante y nutritiva de alimento para numerosas especies de la vida silvestre. 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.

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, y muchas de ellas pasan intactas y enteras por el tracto digestivo de los grandes mamíferos, por lo que se recomienda triturar las vainas para obtener harina, de esta manera el animal se nutre del considerable contenido proteínico del endospermo de la semilla, en resumen se puede afirmar que el consumo de la vaina sin moler aporta un elevado contenido energético (aprox. 45% en azúcares), y si además se proporciona la semilla molida, se puede asimilar entre un 7 y 10% de proteínas (Argüelles y Montoya, 1991). Las hojas del mezquite contienen grandes cantidades de nitrógeno y por lo tanto son nutritivas; sin embargo, el ganado no consume el follaje en gran cantidad (INE, 1994).

Dentro de una explotación no maderable el producto principal del mezquite es la vaina, dado que su recolección representa un ingreso adicional para los campesinos de las regiones donde es aprovechado, a la vez que constituye un elemento de buena calidad en la alimentación del ganado por su alto contenido de proteínas y carbohidratos, así como por su palatabilidad. El consumo de la vaina contribuye a disminuir el costo de las raciones alimenticias que son suministradas al ganado ya que ingieren grandes cantidades de esta fruta madura durante el verano y el otoño, cuando éstos se encuentran disponibles. La época de cosecha se presenta en los meses de julio a septiembre; se

ha observado que una familia puede recolectar de 200 a 250 kilogramos de vaina diarios. (INE, 2007). 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 (Galindo, 1983).

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. Los municipios en los cuales se recolectan grandes cantidades de vaina son: Matehuala, Cedral, Villa de Guadalupe, Charcas, Venado, Moctezuma, Aqualulco 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.

Alimentación humana

Las vainas de mezquite se han propuesto como una fuente de alimentación para consumo humano, ya que contienen grandes cantidades de azúcar y el contenido proteínico de las semillas es similar al del frijol soya. La harina hecha de las semillas y vainas del mezquite mezclada en pequeñas cantidades con harina de trigo ha sido probada 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 y de biomasa para combustible.

Los mezquites fueron un alimento básico importante para los pueblos indígenas del suroeste. Las vainas eran una fuente de alimentación confiable porque la fruta se presentaba durante los años de sequía. Las vainas eran cosechadas en grandes cantidades y se guardaban en canastas de granero en los techos de las casas o en los cobertizos. Las semillas se molían como harina la cual era usada para preparar pasteles y panes, el producto básico de su dieta. Se hacían varias bebidas refrescantes de las vainas dulces. Una bebida embriagante al estilo de la cerveza se preparaba a veces al permitir que los jugos de las vainas se fermentaran. Las flores se comían crudas o tostadas, en forma de pelotas y guardadas en vasijas de barro (INE, 1994).

Uso medicinal

La infusión de algunas partes de la planta se usa para combatir la disentería; el cocimiento de las hojas (bálsamo de mezquite) 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 una marcada acción antibacterial contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

Gomas

Al estar expuesto el árbol al ataque de insectos, heridas mecánicas, y en condiciones diversas de estrés fisiológico como calor y falta de agua, el árbol regresa un exudado o goma de color rojo ámbar y a veces obscura, a nivel del cambium vascular, que previene la desecación del tejido y evita el ingreso de agentes patógenos. Esta goma ha sido utilizada en la medicina tradicional en poblaciones indígenas. Tradicionalmente la goma de mezquite de Sonora, se ha colectado y comercializado en pequeña escala como golosina, laca para el pelo, pegamento y otros usos domésticos. Actualmente, la cantidad de goma que se colecta en esta región para su comercialización no excede los 2 ton/año. En lo que respecta al estado de San Luis Potosí, la goma de *Prosopis laevigata* se ha comercializado para su uso en la industria refresquera, ya que presenta semejanzas con la goma arábiga (López *et al.*, 2006).

Uso forestal

Madera

Se utiliza en forma de brazuelos, tablas y tablones, postes para cerca, trozas en rollo, durmientes, etc.; además en la elaboración de muebles artesanales, destacando los trabajos de marquetería con madera de mezquite, elaborado en Zacatecas. Entre las características físicas de la madera del mezquite se destaca su albura de color amarillo claro que forma un anillo de media pulgada alrededor del durámen, que es de color café rojizo. La madera es dura, durable, de grano cerrado, que toma un brillo hermoso al pulirla; sin embargo, la madera es quebradiza y con poca resistencia a la flexión, estas características limitan su uso comercial. El contenido del durámen es de 65-80 %. La madera de mezquite tiene un peso específico de 0.76 y la de la raíz es aún más dura. Debido a estas características, la madera de mezquite es usada para la manufactura de artefactos que

necesitan ser muy resistente como muebles, parket, duela, hormas para zapatos, mangos de herramienta y utensilios de cocina, además es muy utilizada para la construcción en las zonas rurales (INE, 1994).

Leña y carbón

Dentro de los usos maderables de la especie se encuentran el de la leña y carbón, los cuales reportan una emisión excelente de calor, tanto para uso domestico como industrial, debido a su alta capacidad calorífica. El principal uso de la leña del mezquite es para la preparación de alimentos o calentamiento. En segundo lugar, se tiene el calentamiento de agua y de hornos, y para la calefacción del hogar. Más del 75% de los usuarios de este energético no comercial, lo consume en el llamado fogón abierto o de tres piedras, cuya eficiencia térmica es muy baja (Galindo y García, 1986).

La forma más usual de aprovechamiento de leña es el conocido como leña en raja, sin que exista una metodología específica para realizar el aprovechamiento, aunque puede observarse que las partes usadas, casi siempre, son las ramas. Las comunidades rurales hacen acopio de leña a partir de los mezquites silvestres que tienen en su localidad; usualmente colectan los volúmenes suficientes para un plazo corto. Además, suelen realizar por temporadas un aprovechamiento de leña de mezquite para su comercialización (INE, 1994). A continuación se muestra el Cuadro 1 con algunos usos y beneficios del mezquite.

Cuadro 1. Usos y beneficios del mezquite

Parte apreciable	Alimentación humana	Medicina	Forrajero	Forestal
Corteza		Anti disentérico y gastritis. Infusión de trozos de corteza con ramas más jóvenes.		Curtiduría. Corteza del Mezquite.
Flor	Miel (generada por las abejas que chupan el néctar de la flor).			
Vaina	Fruta fresca, fruta en almíbar, pinole de mezquite, queso de mezquite (alimento básico de los chichimecas), piloncillo, atole y vino (bebida preferida por los chichimecas).		Consumo de vainas y harinas.	
Goma	Goma y golosina de niños.	Laringitis. La goma disuelta para la infusión.		Pólvora. De escasa potencia. Tintes. Para teñir lana.
Hojas		Antiséptico. Lavado de los ojos con infusión a partir de las hojas. Anti disentérico y gastritis. Emoliente.	Ramoneo de follaje verde o seco. Ganado bovino, caprino, ovino, caballar, mular, asnal y porcino.	Fertilizante orgánico. El fertilizante forma un grueso mantillo.
Ramos y troncos		Desinflamatorio. Pomada de ceniza de leña con manteca.		Aperos de labranza. Arados, jugos, mangos de palas y picos, carretas en especial para las ruedas, construcción de viviendas, vigas, puertas y ventanas, muebles, leña y carbón, postes para cercas, elaboración de artesanías, recreación humana y refugio de vida silvestre.

Fuente: Cervantes, 2002; Galindo, 1983.

Importancia ecológica del mezquite

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, a la vez que 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 a numerosas formas de fauna, sobretodo arañas e insectos.

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, (Osuna y Meza, 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, (Golubov *et al.*, 2001). 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 (Osuna y Meza, 2003).

Debido a la resistencia y adaptabilidad del mezquite a la sequía y a las altas temperaturas, puede desarrollarse en zonas con precipitaciones menores a los 250 a 500 mm anuales según la región y temperaturas máximas promedio en verano de más de 40°C (Granados, 1996). 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. Existen algunas especies tolerantes a las altas temperaturas y otras a las heladas, pero el máximo crecimiento se ha encontrado a 30 °C; se desarrollan en diferentes niveles de salinidad y se ha encontrado un ligero decremento en el crecimiento a niveles de salinidad de 36,000 mg de cloruro de sodio/litro de solución (Osuna y Meza, 2003). Por lo que los habitantes de las zonas áridas lo utilizan como indicador de posibles fuentes de abastecimiento de agua y de buena calidad del suelo (Espinosa y Lina, 2008).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el Altiplano potosino en los municipios de Matehuala, Cedral, Villa de Guadalupe, Charcas, Venado y Moctezuma. La selección de estos municipios se debió a dos características; a) evidencias históricas y arqueo-botánicas de una clara cultura de uso del mezquite y b) una gran abundancia del recurso.

El área de estudio, tiene como climas predominantes el seco templado (Bsk) y el seco semicálido (BS h), presenta una temperatura media anual que oscila entre los 16 a 18 °C, una precipitación pluvial media anual de 400 mm, y una vegetación predominante de matorrales rosetófilo y micrófilo, ver Figura 2. La población del área de estudio para el año 2010 era de 174, 743 habitantes, lo que representa cerca del 50% de la población total del Altiplano.

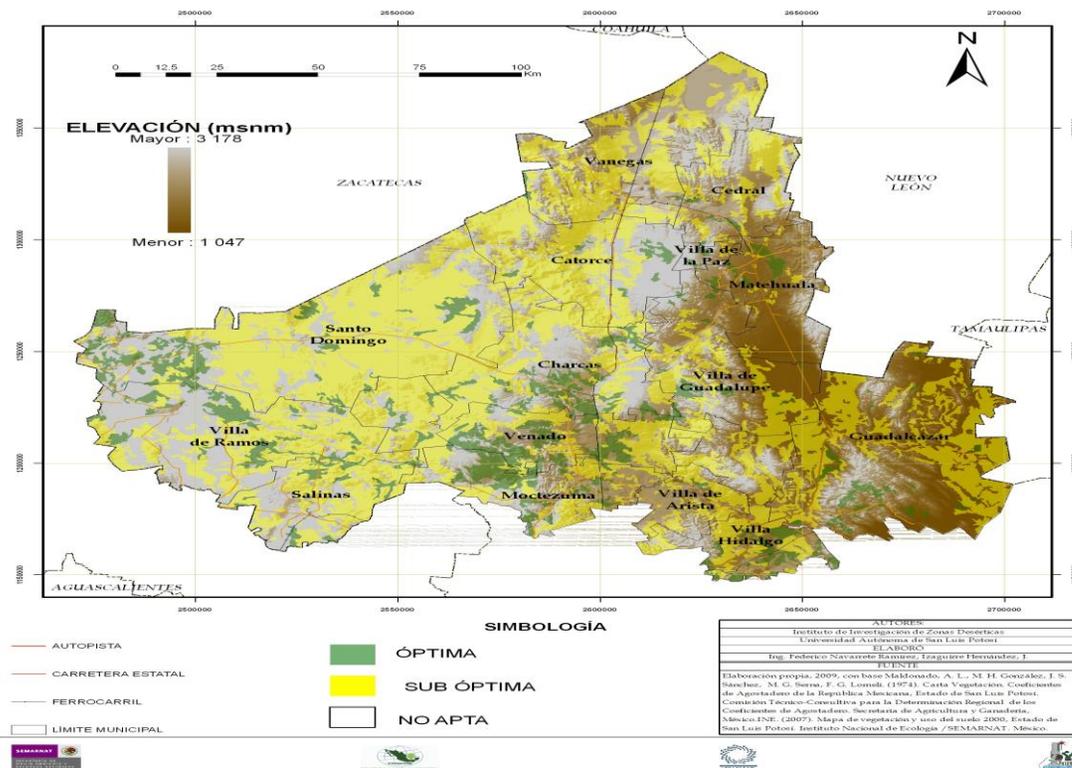


Figura 2. Mapa de distribución potencial de mezquite en el Altiplano potosino

Fuente: UASLP-IPICYT, 2009.

Los municipios se encuentran distribuidos en su mayoría en la parte Centro-Sur del Altiplano potosino entre los 1100 y 1500 msnm. En este espacio geográfico se cuenta con las condiciones climáticas y de tipo de suelo que favorecen el desarrollo del mezquite.

Obtención de la información

Para el acopio de información se implementó la técnica de aplicación de cuestionarios a productores pecuarios y personas claves de diversas comunidades de los municipios de Matehuala, Cedral, Villa de Guadalupe, Charcas, Venado y Moctezuma.

Elaboración de la encuesta

Para el diseño de la encuesta se formuló un cuestionario de 57 preguntas para conocer la situación actual del uso de la vaina de mezquite, así como de los problemas más comunes de los productores; donde se contemplaron aspectos socioeconómicos, en relación al uso de la vaina, información de la unidad de producción, manejo zootécnico, sanidad y asistencia técnica, etc.

Encuesta a productores

La aplicación de encuestas se realizó en un periodo de 45 días durante los meses de septiembre, octubre y noviembre de 2010. El instrumento usado fue un cuestionario de 57 preguntas (Anexo 1); el cual nos permitió conocer la situación actual del uso de la vaina de mezquite en el Altiplano potosino así como aspectos socioeconómicos de las comunidades.

Entrevista a informantes clave

Se eligieron a las personas que por las características de su trabajo y de los cargos que desempeñan dentro de las comunidades, se relacionan de manera directa con las actividades de la misma.

Observación directa

Se realizaron varios recorridos exploratorios durante el levantamiento de la encuesta, con el propósito de captar elementos no encontrados en la bibliografía y que pudieran tener influencia, de alguna manera, en el comportamiento de los productores de traspatio.

Cálculo del tamaño de muestra

En el caso de muestreo no probabilístico, no se dispone de procedimientos definidos de manera precisa para obtener una muestra, un criterio muy usual es seleccionar a un porcentaje específico de la población; generalmente entre 5 y 10% (Márquez y Morales, 1990).

De acuerdo a información proporcionada por la Comisión ganadera de San Luis Potosí, el número de productores pecuarios distribuidos en los seis municipios del área de estudio es de 3,879 de los cuales cerca del 90% se encuentran relacionados con actividades caprinas. Para la presente investigación se consideró una muestra de 114 cuestionarios. A través del muestreo piloto (25 cuestionarios), se calculó la varianza y posteriormente se determinó el tamaño de la muestra.

Aplicando la fórmula para obtener el tamaño de muestra para población finita, considerando datos de un muestreo preliminar de 25 cuestionarios.

$$n = \frac{Nz^2_{\alpha/2} \cdot S^2_n}{Nd^2 + z^2_{\alpha/2} \cdot S^2_n}$$

Datos:

N=3879

Confiabilidad=99%

Valor de tabla z: 99%(2.57)

Precisiones d= 0.1

Varianza (s²)=0.0767

Cuestionarios=25

$$n = \frac{3879 \times 2.57^2 \times 0.0767}{3879 \times (0.1)^2 + 2.57^2 \times 0.0767} = 114$$

Las encuestas fueron aplicadas dentro de los municipios de Charcas, Venado, Moctezuma, Villa de Guadalupe, Matehuala y Cedral, donde existe una clara cultura de uso del mezquite, así como una gran abundancia del recurso.

La manera de aplicación de la encuesta se encuentra en la Tabla 1.

Tabla 1. Número de cuestionarios por municipio

<i>Municipio</i>	<i>Número de productores</i>	<i>Número de cuestionarios</i>
Matehuala	576	17
Charcas	887	26
Venado	639	19
Moctezuma	568	17
Villa de Guadalupe	821	24
Cedral	388	11
Total	3,879	114

La determinación del número de encuestas de cada municipio se basó en el número de productores pecuarios que lo integran, por tal razón, municipios con poblaciones grandes de productores tuvieron un mayor número de encuestas aplicadas. La selección de los productores y personas a encuestar fue completamente al azar.

Análisis estadístico

Se analizó la información con estadística descriptiva utilizando un análisis de frecuencias, considerando porcentajes obtenidos, usando el procedimiento PROC UNIVARIATE del paquete estadístico SAS (SAS, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características y descripción de las familias

El tamaño promedio de la familia fue de 6 personas, con un ingreso mensual promedio de 3,694 pesos. Como se puede apreciar la composición de las familias es grande, por lo que se cuenta con mano de obra familiar para el cuidado de los animales, sin embargo la falta de condiciones ambientales y económicas para el desarrollo de las actividades pecuarias ha ocasionado una constante migración de la población joven a Estados Unidos u otra región de la República mexicana en busca de mejores alternativas de vida, por lo que las actividades pecuarias empiezan a quedar relegadas a fuente complementaria de ingresos. De acuerdo a los datos recobrados durante las entrevistas de campo el 60 % de las familias tienen al menos un integrante viviendo en Estados Unidos.

La edad promedio de los productores es de 45 años con un nivel de escolaridad de 5.6 años. El bajo nivel de escolaridad se ve reflejado en la falta de tecnología usada en la producción animal y la falta de interés en probar nuevas opciones de desarrollo. Así mismo los niveles bajos de escolaridad se deben en gran parte a la pobre infraestructura escolar de las comunidades y a los bajos ingresos económicos que obligan de manera general a algunos miembros de la familia, principalmente a los hijos, a trabajar en el jornal o en alguna otra actividad económica (albañiles o carpinteros), para complementar el gasto familiar.

Composición del ganado, alimentación y asistencia técnica

La composición del ganado del área de estudio, está integrado en su mayoría por caprinos y ovinos y en un muy bajo porcentaje por aves, cerdos y equinos. De acuerdo a la información recopilada la composición del ganado familiar se encuentra compuesta por un promedio de 74 animales, de los cuales el 75% son cabras (Figura 3).

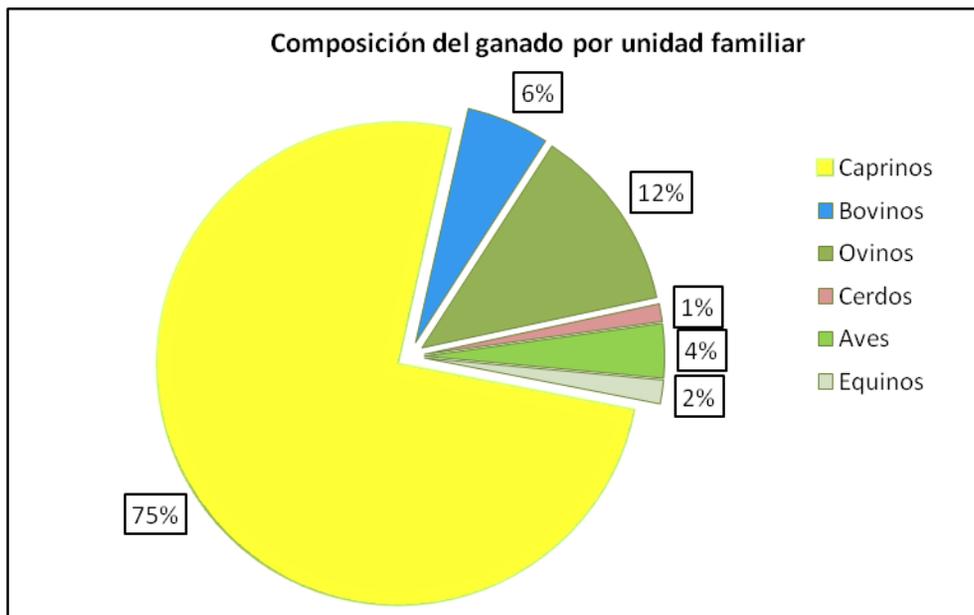


Figura 3. Composición del ganado por unidad familiar

La fuente principal de alimentación de los animales es el agostadero y en un bajo porcentaje se utiliza alimento comercial y residuos alimenticios, los cuales son brindados a aves y cerdos respectivamente. Sin embargo los problemas de sequia y falta de solvencia económica provocan que el 85 % de los productores tengan que vender algunos de sus animales por falta de dinero y alimento para el mantenimiento del ganado.

En lo que respecta a asistencia técnica el 70% de los encuestados reciben al menos una vez al año este tipo de apoyo de parte del gobierno, sin embargo se observó que solo el 40% de estos la recibe relacionada con aspectos nutricionales, derivado de lo anterior muy pocos productores han recibido información acerca de las características nutricionales del mezquite, su forma de utilización e importancia ecológica.

Uso general de la vaina de mezquite

De acuerdo a la información recopilada durante las entrevistas de campo, el 96.5% de la población entrevistada utiliza la vaina de mezquite ya sea como forraje, alimento o para su venta. Tal como se comento anteriormente la utilización de este recurso proviene de muchos años y ha sido transmitida de generación en generación a través de los conocimientos adquiridos de los antiguos pobladores de la región. En la Figura 4 se observa que la vaina es utilizada principalmente dentro de la alimentación animal y humana.

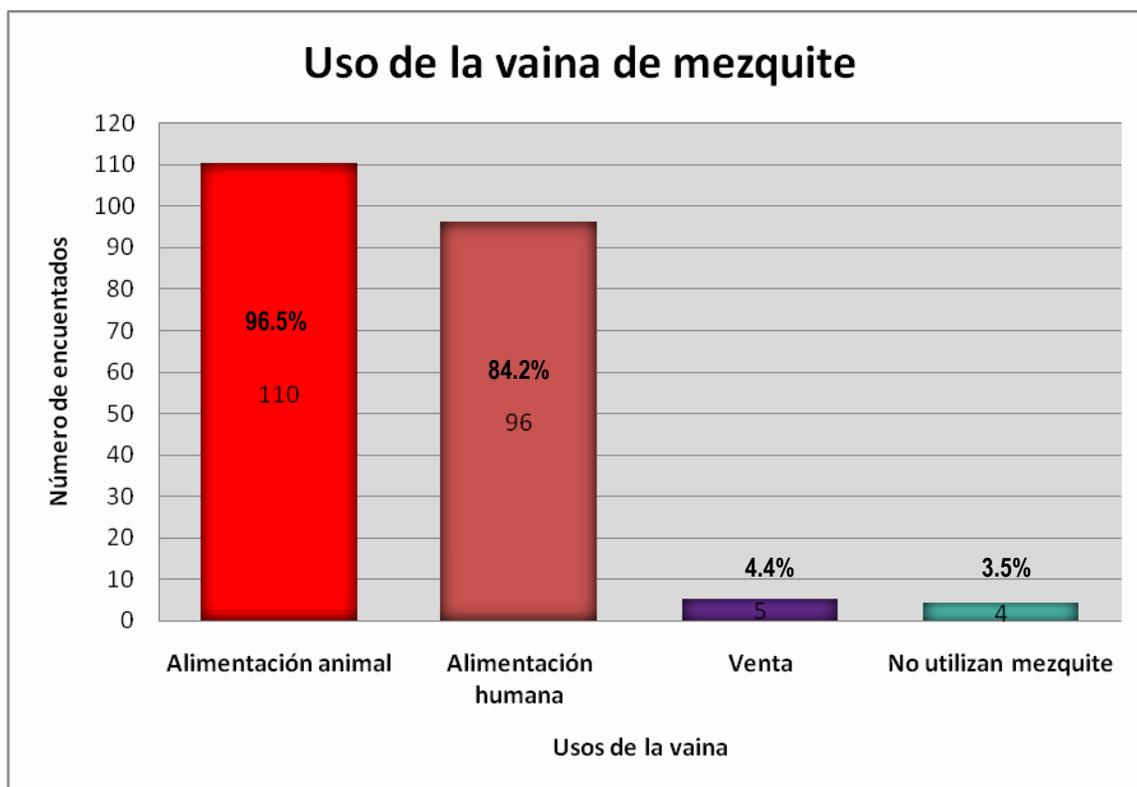


Figura 4. Uso de la vaina de mezquite

Uso de la vaina en la alimentación animal

La utilización de la vaina dentro de la alimentación animal se realiza principalmente dentro del periodo de diciembre a junio, meses del año que de acuerdo a los productores es el periodo más seco y hay gran escases de forraje. En la Figura 5, se puede observar los sub-periodos de

utilización de la vaina, misma que es recolectada durante los meses de julio a septiembre y de acuerdo a lo reportado en las entrevistas, se tienen recolectas promedio de 10.5 ± 1.3 kg por árbol, llegando a recolectar hasta 100 kg por día y un total de 1.5 a 2 ton en el total de las recolectas. Es de destacarse que del total de los entrevistados el 20% afirmó comprar vaina de mezquite como complemento a lo recolectado. El precio del kg de vaina oscila entre los 2 y 4.5 pesos, dependiendo del tamaño, escases de la misma y si esta se vende en su forma molida o entera.

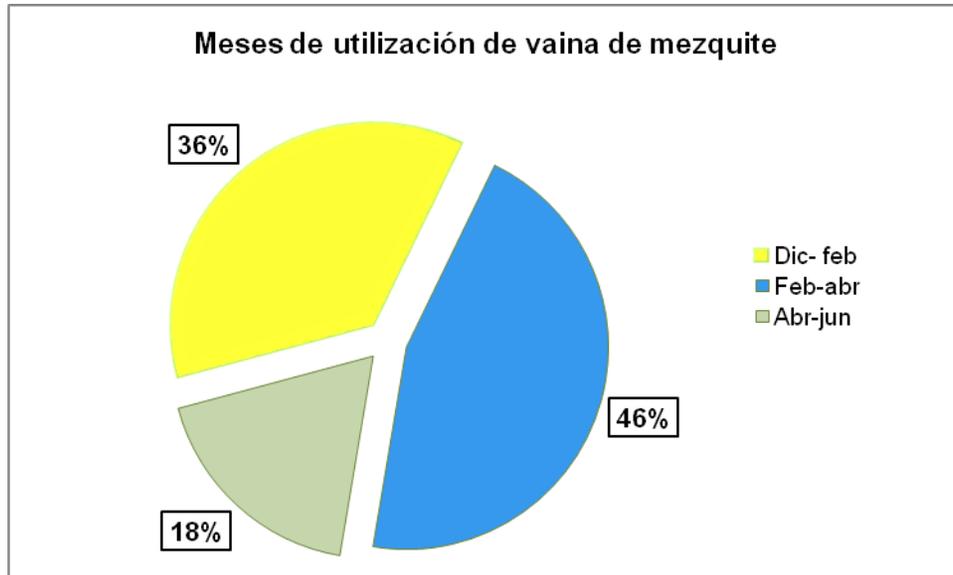


Figura 5. Meses de utilización de vaina de mezquite

Respecto a la especie utilizada o mayormente recolectada, los productores no tienen conocimiento, siendo la vaina de coloración morada, la más demandada debido a que es más apetecible por el ganado. Durante los recorridos de campo dentro del área de estudio se observó y confirmó la presencia de dos especies de mezquite: *P. glandulosa var. torreyana*, y *P. laevigata*, siendo esta última la más abundante y característica del Altiplano potosino. Durante los recorridos por los lugares destinados al almacenamiento de forrajes, se observó que la especie mayormente recolectada es *P. laevigata*, la cual llega a presentar una gran diversidad de variantes, siendo las principales las siguientes: a) variante semi-larga con segmentación poco pronunciada (más común y abundante dentro del Altiplano potosino); b) variante larga con gran segmentación y; c) variante con pericarpio grueso y poca segmentación.

Respecto a la utilización de la vaina en la alimentación animal, la gran mayoría solo se limitó a contestar que lo hacen por tradición familiar, desconociendo en su mayoría las características nutricionales de la misma. Caracterizaciones químicas realizadas a diversas especies de mezquite indican que presenta un alto contenido de proteína y carbohidratos, lo cual la convierte en una fuente alterna de proteína para los animales de los solares en el Altiplano potosino.

En la Figura 6, se puede observar que la vaina es ofrecida en forma entera, lo que conduce a un sub-aprovechamiento del contenido proteínico de la vaina, el cual recae en su mayoría en la semilla (39% de acuerdo a Celestino, 2008), las cuales son indigeribles para el ganado debido a su dureza. Cabe destacar que un escaso porcentaje de los productores ofrece la vaina molida, debido a la carencia de un molino para realizar su molienda.

La vaina se deja secar por un periodo aproximado de dos meses antes de ser ofrecida al ganado. Las formas en que la vaina es ofrecida a los animales se muestran en la Figura 6.

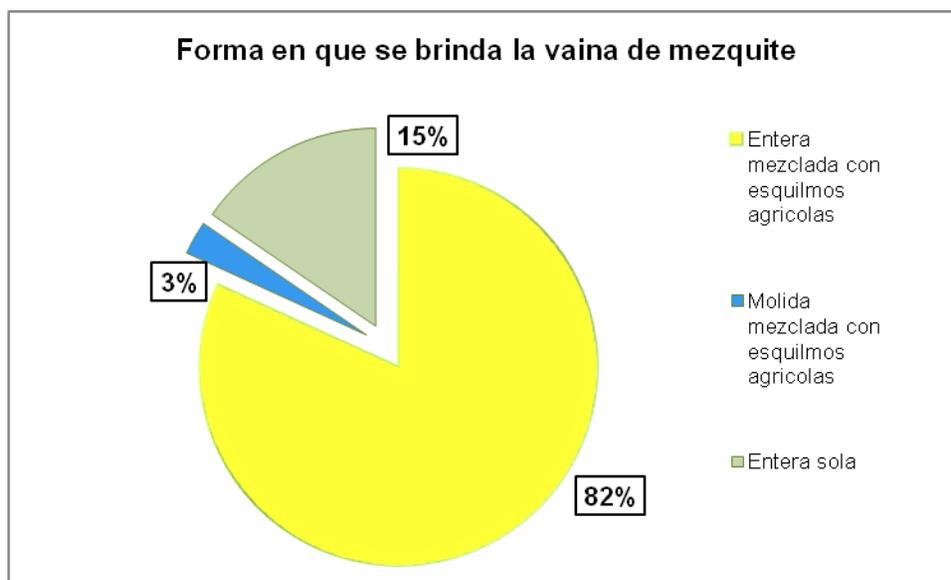


Figura 6. Forma en que se brinda la vaina de mezquite

En lo que respecta a los animales a los cuales se les ofrece la vaina de mezquite, sobresale el uso en ganado caprino y ovino, así mismo se observó que en porcinos y en aves la vaina es muy poco proporcionada. De acuerdo a Celestino (2008), el uso de semilla de mezquite, es una buena opción

como fuente de nutrientes alternos para las aves de traspatio de las zonas áridas, ya que son una excelente fuente de proteína y pueden sustituir hasta el 6% de las dietas para la producción avícola de traspatio.

De acuerdo a la información recabada los productores ofrecen la vaina de mezquite en las cantidades siguientes: caprinos y ovinos de 0.5 a 0.7 kg por día por animal, es de destacarse que la vaina se otorga en un 90% a los sementales y animales en etapa reproductiva. En el caso de ganado bovino la cantidad ofrecida es de aproximadamente 4 a 6 kg por día por animal. En lo que respecta a equinos se ofrece de 1 a 1.3 kg, por día por animal. Para el caso de cerdos 0.8-1 kg por día por animal y a las aves se les ofrece 20 a 30 g por día. Lo anterior nos indica la importancia que presenta el mezquite durante la época de estiaje ya el consumo de la vaina puede llegar a representar entre un 30 y 50% de la alimentación daría en materia seca.

Consumo 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 los encuestados, sin embargo de acuerdo a las respuestas recibidas su uso se ha reducido significativamente respecto a años anteriores. 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. En la Figura 7, se puede observar las principales formas de utilización de la vaina de mezquite en el consumo humano.

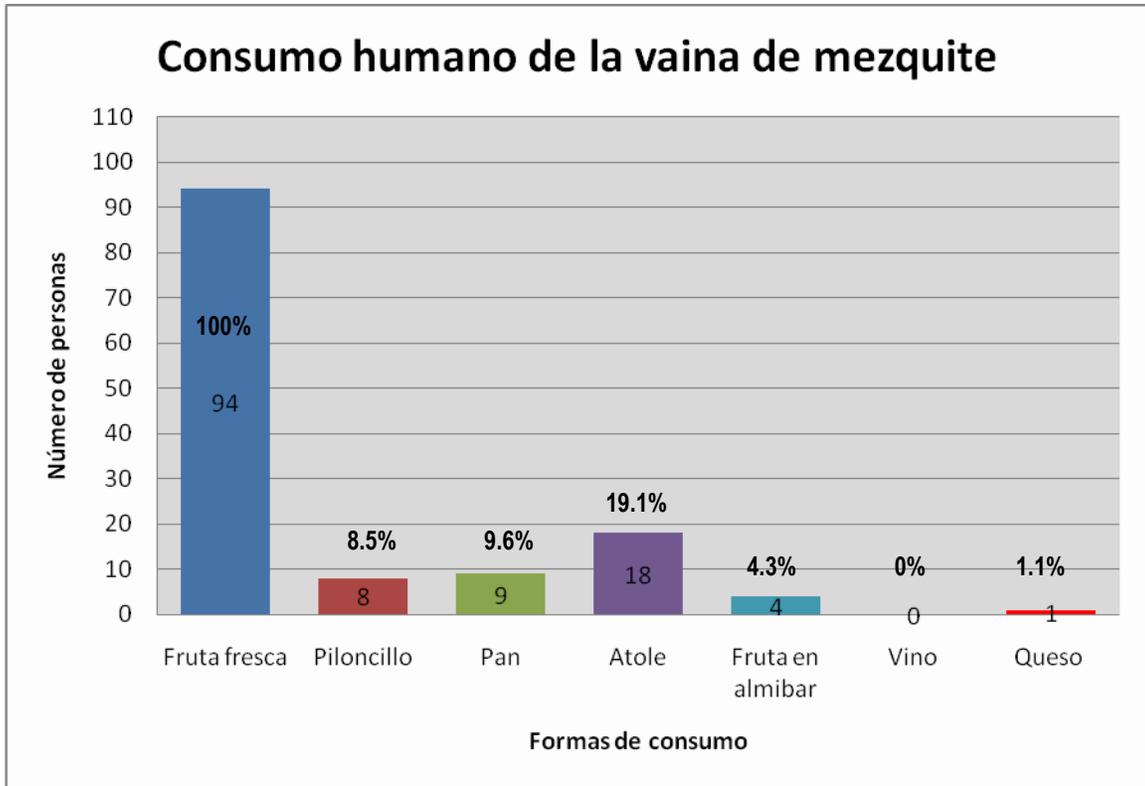


Figura 7. Consumo humano de la vaina de mezquite

Los municipios donde se observó un mayor uso de la vaina de mezquite en la elaboración de productos alimenticios fueron Matehuala, Venado y Charcas.

Venta de la vaina de mezquite

En lo que respecta a la venta de la vaina, esta se realiza en un porcentaje mínimo, ya que de acuerdo a los resultados de la encuesta aplicada solo el 4.4% de los entrevistados se dedican a la venta de la misma. De estos el 55% la vende en su forma entera y el restante 45% en forma molida o entera dependiendo de la necesidad del cliente. El precio del kg de la vaina al año 2010 en su forma entera oscilaba entre 2 y 3 pesos entera y molida entre 4 y 4.5 pesos. Los precios varían de acuerdo al tamaño y coloración del mezquite así como a su abundancia.

CONCLUSIONES

Se concluye que la vaina de mezquite es un recurso natural que sigue siendo ampliamente importante para los habitantes del Altiplano potosino, en lo que respecta a la vaina, esta cumple una función importante dentro del desarrollo de las actividades pecuarias en el periodo de estiaje, ya que ante la falta de forraje y dinero para la compra de insumos, la vaina dadas sus características de considerable contenido de carbohidratos y proteína, puede sustituir parte de la dieta diaria del ganado. A pesar que la vaina de mezquite es utilizada en un muy elevado porcentaje por los productores pecuarios, ésta se ofrece en la mayoría de los casos entera, lo que representa su subaprovechamiento ya que de esta forma la semilla no logra ser digerida por los animales, sin embargo la falta de capacitación en materia de nutrición animal, y en algunas ocasiones la falta de capital han ocasionado que el productor no cuente con la tecnología para la molienda de la vaina, así mismo desconozca la manera más efectiva de administración del recurso.

En lo que respecta al consumo humano de la vaina, a pesar de que un gran porcentaje de la población la consume como fruta fresca, la tradición de elaborar productos como pan, vino, atole, etc., se ha venido perdiendo con el tiempo, quedando relegada a las personas mayores. Hoy en día es difícil encontrar localidades en donde la tradición de elaborar productos con vaina de mezquite sea transmitida de generación en generación, ya que un elevado porcentaje de la población por la carencia económica y falta de condiciones para el desarrollo de las actividades tiene que dejar su lugar de origen en busca de nuevas oportunidades, perdiendo con ello las tradiciones.

LITERATURA CITADA

- Argüelles, A. y Montoya, R. (1991). Explotación del mezquite en San Luis Potosí, una perspectiva histórica. Ediciones del Archivo histórico del Estado de San Luis Potosí. S.L.P., México. 88 p.
- Cedillo, V. y Mayoral, P. (1997). "*Prosopis laevigata*". FAO.RLC. Agroforestería en zonas áridas. México. 5 p.
- Celestino, S. (2008). Caracterización nutricional de semillas alternativas para su uso en la reproducción avícola en zonas rurales. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S.L.P., México. 53 p.
- Cervantes, M. (2002). Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. Primera edición. Ediciones UNAM. México, D.F. 155 p.
- COTECOCA. (2002). Monografías de coeficientes de agostadero 1972-1981. México. 120 p.
- Espinosa, E. y Lina, P. (2008). La sobreexplotación del mezquite y el deterioro de los ecosistemas en: *Sustentabilidad de la planificación territorial del desarrollo y medio ambiente de la ZMMV en la Zona Centro del País*". Tesis de Maestría. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F. 16 p.
- Flores, F. (1992). Atributos ecológicos y aprovechamiento del mezquite. *Investigación y ciencia*, vol. 3 (6). México. 24-30 p.
- Galindo A. S. y García, E. (1986). Usos del mezquite (*Prosopis L.*) en el Altiplano potosino". *Agrociencia* (63): 7-16 p.
- Galindo, S. (1983). Caracterización de la variación en el mezquite (*Prosopis L.*) y sus usos en el altiplano potosino. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Nuevo León, N.L., México. 87 p.
- Golubov, J., Mandujano, M. y Eguiarte, L. (2001). The paradox of mesquites (*Prosopis spp.*): Invading species of biodiversity enhancers. *Bol. Soc.Bot. Mex.* (69): 21-28 p.
- Gómez, A., Pinos, J., y Aguirre, J. (2009). Manual de producción caprina. Primera edición. Ediciones Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. 186 p.
- Granados, D. (1996). El mezquite: el árbol de desierto. *Chapingo, serie Ciencias Ambientales, vol II (1)*: 37-51 p.
- Harsh, N. and Tewari, J. (1998). *Prosopis* in the arid regions of India: Some important aspects of research and development. In: *Prosopis species in the arid and semi-arid zones of India*. Tewari, J., Pasiecznik, N., Harsh, N. and Harris J. (eds.). HDRA and The *Prosopis* Society of India. 5-10 p.
- INE. (1994). Mezquite *Prosopis spp.* Cultivo alternativo para zonas áridas y semiáridas de México. Comisión Nacional de Zonas Áridas. México, D.F. 18 p.

Iturbide, L., Rodríguez, R. y Olea, E. (1998). La desnutrición infantil en México.: una propuesta de medición. *Economía. Teórica y práctica* (9): 1-5 p.

López Franco, Y., Goycoolea, F., Valdez, M., y Calderón, A. (2006). "Goma de mezquite una alternativa de uso industrial". *Interciencia*, vol.31 (003):183-189 p.

Márquez, C. y Morales, C. (1990). Algunas reflexiones sobre los estudios de muestreo en la actividad agropecuaria. Comunicaciones en estadística y cómputo. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Edo. de México. 43 p.

Morán, V. y Galletti, A. (2002). Causas económicas e incidencia del comercio internacional en la deforestación en México. Centro Mexicano de Derecho Ambiental A. C. Programa Sobre Comercio y Medio Ambiente. México, D. F. 54 p.

Osuna, E. y Meza, R. (2003). Alternativas para la explotación sostenible del mezquital de Baja California Sur. Folleto técnico número 8 INIFAP-CIRNO-Campo Experimental Todos Santos. La Paz, Baja California Sur. México. 55 p.

PND. (2007). Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012. Gobierno de la República. México, D.F. 324 p.

Ramírez, J. y Villanueva, J. (1998). Selección y manejo de material reproductivo de mezquite (*Prosopis spp.*). Folleto técnico número 9. INIFAP. 20 p.

Rejón, M., Dájer, A., y Honhold, N. (1996). Diagnostico comparativo de la ganadería de traspatio en las comunidades de Texán y Tzucalá de la zona henequera del estado de Yucatán. *Vet Méx.*, vol.27 (1):49-55 p.

Rivera, J., Losada, H., Grande, D., Cortes, J. y Sosa, F. (2007). Uso de calendarios estacionales en la producción de goma de mezquite (*Prosopis laevigata*) como una alternativa en el manejo sustentable en el Ejido de Llanos de la Angostura, San Luis Potosí. México. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*, vol. 15 (1): 514-518 p.

Rodríguez, F. y Maldonado, A. (1996). Overview of past, current and potential uses of mesquite in Mexico. In: *Prosopis spp: semiarid fuel wood and forage tree building*. Felker, R. and Moss, J. (eds). Center for Semi-arid. Forest Resources. Texas A&M University. Washington D.C., EEUU. 641-652 p.

Rzedowski, J. (1988). Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis* (*Leguminosae*, *Mimosoideae*) en Norteamérica. Acta Botánica Mexicana número 3. 7-19 p.

Sáenz, A., Solarte, J., Martínez, A. y Habeych, D. (2004). Evaluación de un medio de cultivo a partir del fruto de *Prosopis juliflora*. *Uni.EAFIT.*, vol. 4 (135): 9-17 p.

SAS. Institute, Inc. (1999). SAS User's Guide: Statistics, Statical version 8. Cary North Carolina. 956 p.

Silbert, M. (1988). Mesquite pod utilization for livestock feed: An economic development alternative in central Mexico. M.S. Thesis. School of Renewable Natural Resources. The University of Arizona. Tucson, Arizona. 122 p.

Tapia, F., Mercado, P. y Monroy, A. (1999). Cambios en la longitud cromosómica total en tres poblaciones de *Prosopis laevigata* (fabaceae) implicaciones genecológicas y evolutivas. *UNAM. Serie botánica*, vol.70 (1). 13-28 p.

UASLP-IPICYT, 2009. Estudio regional forestal de la unidad de manejo forestal UMAFOR 2401 (Zona Altiplano) del Estado de San Luis Potosí. Conafor, México. 100 p.

Zapata, E. 2009. Cuento bacteriano en órganos del aparato digestivo de pollos infectados con *salmonella typhimurium* con adición de extracto de *Chrysactinia mexicana*. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, PMPCA, San Luis Potosí. 82 p.

Referencias electrónicas

Imagen del estado de San Luis Potosí. Recuperado 5 de junio de 2010.

<http://www.elsonido13.com/zona-altiplano.asp>

INEGI. 2010. Geografía del Estado. San Luis Potosí. Recuperado en marzo 22 de 2010.

<http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=24>

INE. 2007. Usos y propiedades del mezquite. Recuperado en junio 15 de 2010.

<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/72/ usos.html>

INEGI. 2010. Cuento de población y vivienda 2010. Recuperado en 1 de abril de 2011.

<http://www.inegi.org.mx/inegi/default.aspx?s=geo&e=24>

CAPITULO 2. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA Y MORFOLÓGICA DE LA VAINA DE *Prosopis laevigata* EN EL ALTIPLANO POTOSINO.

RESUMEN

Con el objetivo de conocer las características nutricionales y morfológicas más importantes de la especie *P. laevigata* (especie más abundante y utilizada dentro del Altiplano potosino), se realizó la caracterización química y morfológica de su vaina. Esto mediante la determinación de materia seca, humedad, fibra cruda, minerales, proteína cruda, materia orgánica, carbohidratos, fracción de grasa, fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente ácido (FDA), así como las medidas de longitud, ancho, grosor, número de semillas, coloración, entre otras y su posterior análisis estadístico. Se distinguieron de acuerdo a características morfológicas y de composición química tres variantes (A, B y C) de *P. laevigata*, la variante B fue la que presentó los mejores resultados ($P < 0.05$) desde el punto de vista químico, ya que tiene el 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. En lo que respecta las características morfológicas la variante que presentó las características más importantes fue la variante B, misma que presentó un buen peso de su vaina y semilla, así como el mayor número de semillas. En lo que respecta a la coloración la especie en sus tres variantes analizadas no presentó diferencias significativas de coloración tanto en la vaina como en la semilla. Por lo anterior se concluye que el fruto de *P. laevigata* es un alimento adecuado y comparable al de otras especies del género para ser utilizado como suplemento forrajero durante la época de estiaje, minimizando con ello los gastos de mantenimiento de los productores de bajo recursos. Así mismo el fruto de *P. laevigata* en sus tres variantes contiene un porcentaje de proteína y carbohidratos mayor que algunos de los alimentos brindados por los productores ganaderos del Altiplano potosino a su ganado.

ABSTRACT

A chemical and morphologic study was performed on mesquite pods of *Prosopis laevigata* (most abundant and used species of the Potosino Highlands). Dry matter, humidity, crude fiber, ash, crude protein, organic matter, carbohydrates, fat, neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), length, wide, thick, number of seeds, color were determined in mesquite pods. According to the chemical and morphologic composition three variants (A, B y C) of *P. laevigata* were observed, variant B was the one who showed ($P < 0.05$) the best results from a chemical point of view, it has the best content of protein, a good carbohydrate content, and low ADF values that makes it more digestible for ruminants. In regard to morphologic traits the B variant was the best showing a good pod and seed weight, and the large account of seeds. In respect to color the three variants were similar in pod and seed coloration. It is concluded that mesquite pod from *P. laevigata* is an important feedstuff to be used for animal feeding. In addition mesquite pod from *P. laevigata* in its three variants contains a good protein and carbohydrate content that other feedstuffs used by the Potosino highlands producers.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la producción pecuaria manifiesta un gran dinamismo y en el mercado mundial la demanda de productos ganaderos se incrementa notablemente. Sin embargo, la mayor parte de los productores mexicanos no cuentan con las condiciones necesarias para insertarse en ese mercado. Hoy en día la producción de animales de interés zootécnico representa un gran desafío para los productores de bajos recursos de las zonas rurales de México, debido principalmente a que cerca del 70 al 80% de los montos totales de producción son destinados a la alimentación de los animales. Las necesidades más apremiantes de los animales en cuanto a nutrientes son básicamente proteína y energía, debido a que éstos se encargan del crecimiento, mantenimiento y producción de carne, leche y huevo. Los ingredientes clásicos como maíz, sorgo, pasta de soya, etc., son ricos en estos nutrientes sin embargo presentan un elevado costo para los productores de las zonas rurales. Alrededor del mundo existen diferentes fuentes de proteína y energía que no han sido exploradas, aprovechadas o utilizadas eficientemente y que presentan una alternativa para los productores de bajos recursos. Se estima que para más del 90% de la población rural, incrementar la producción de autosuficiencia podría resultar la mejor solución a sus problemas alimentarios y económicos tanto en la esfera familiar como comunitaria y regional. Derivado de lo anterior deben buscarse alternativas que ayuden a mejorar los sistemas de producción animal de comunidades con bajos recursos económicos. Un ejemplo es el Altiplano potosino dentro del cual un alto porcentaje de las comunidades que lo integran presentan altos índices de marginación y pobreza, así como condiciones climáticas adversas para el desarrollo de actividades pecuarias. Ante este panorama es importante explorar los recursos naturales accesibles para el ganadero y con características nutricionales importantes, siendo el caso de la vaina de mezquite la cual podría resultar de gran ayuda en el desarrollo de las actividades pecuarias. Por lo anterior se realizó la caracterización química y morfológica de la vaina de *P. laevigata*, con el fin de conocer el contenido nutricional de su vaina.

REVISIÓN DE LITERATURA

Alimentación animal

Los alimentos son moléculas, que tras ser ingeridos por los animales pueden ser digeridos, absorbidos y utilizados para producir leche, carne y huevo. En un sentido más amplio, se emplea la palabra “alimento” para denominar a todos los productos comestibles. Los animales requieren de la ingestión periódica de alimentos los cuales contienen los nutrientes necesarios para el normal funcionamiento de los procesos vitales, siendo principalmente de origen vegetal. La energía química de los vegetales es transformada por los mismos animales y la usan para el funcionamiento de sus funciones orgánicas (Mc Donald *et al.*, 2002).

Los vegetales y los animales contienen sustancias químicas semejantes, que podemos agrupar de acuerdo con su composición, propiedades y funciones. Los principales componentes de los alimentos de origen animal y vegetal se ilustran en la Figura 8.

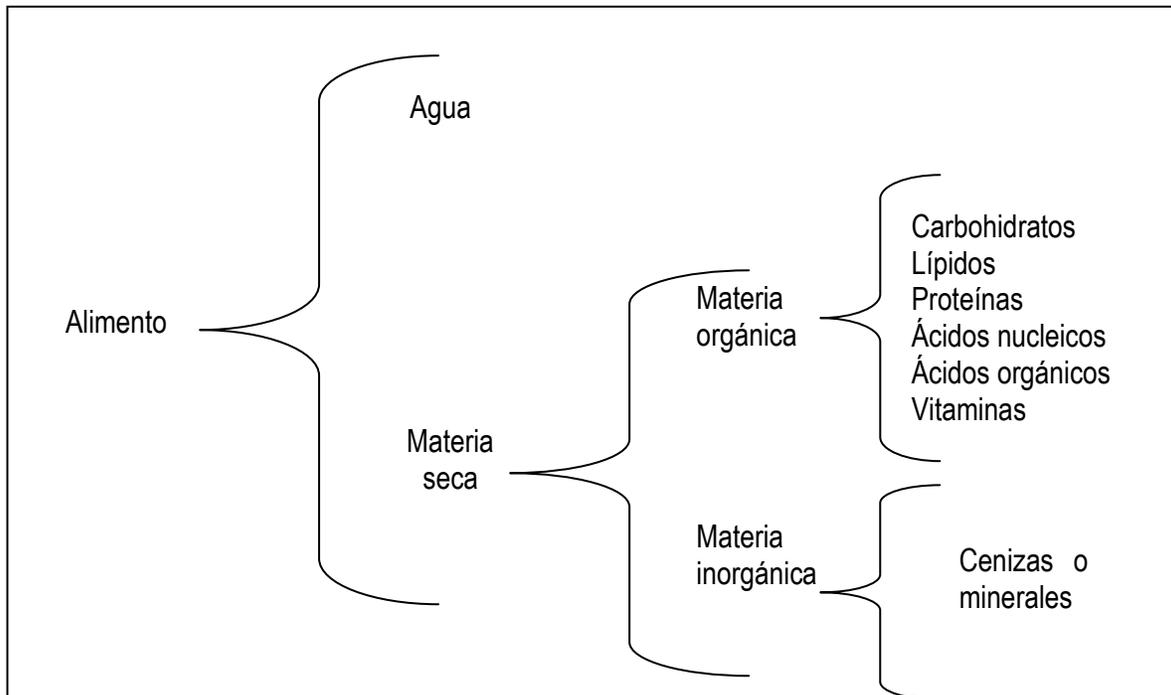


Figura 8. Fraccionamiento de los componentes de los alimentos

Fuente: Mc Donald *et al.*, 2002

La alimentación de los animales en general requiere de carbohidratos, grasas, proteínas, vitaminas, minerales y agua. Las grasas y los carbohidratos les proporcionan la energía para mantenerse, las proteínas le ayudan a crecer y a producir carne, los principales minerales que requieren son el calcio, fósforo, sodio, cloro, potasio, manganeso, zinc, hierro y cobre, mientras que las vitaminas más necesarias son la B1, B2, B6, B12, A, D, E y K (Mc Donald *et al.*, 2002).

El hecho de alimentar un animal exclusivamente con pasto o alimento carente de todos los nutrientes necesarios en su dieta condiciona la tasa de ganancia de peso diaria, y por ende su producción de leche, carne, huevo, etc. La alimentación del ganado en el traspatio se basa en granos de cereales, esquilmos agrícolas, desperdicios de cocina, insectos y hojas de plantas verdes. Para el caso de rumiantes (ovinos, bovinos y caprinos), la alimentación se encuentra basada principalmente en el pastoreo de agostadero, mientras que para el caso de cerdos y aves de corral en desperdicios de cocina, granos de cereales y en algunos casos alimento comercial.

Agua

El agua forma del 50 al 75% de la masa corporal de animales adultos y hasta el 90% de los recién nacidos. La falta de agua termina rápidamente con las funciones productivas y con la vida, en relación con la falta de otras nutrientes. El agua actúa como solvente de varios compuestos, además de que sirve como medio de transporte para los alimentos en el tubo digestivo, solutos en la sangre, líquidos tisulares y de excreciones como orina y sudor. El agua es importante para regular la temperatura corporal, debido a su alto calor específico, a la alta conductividad térmica y por su alto calor de vaporización, así mismo permite la lubricación de las articulaciones, órganos y del sistema nervioso central, en el líquido cerebro-espinal. Aunque el agua no proporciona energía ni aminoácidos, debido a su gran variedad de funciones, se clasifica como el nutriente principal (Mc Donald *et al.*, 2002).

Los animales obtienen el agua de tres orígenes; agua de bebida, agua procedente de los alimentos y agua metabólica por oxidación de nutrientes orgánicos, la importancia de cada de una de éstas fuentes depende de la especie. El contenido de agua de los alimentos es muy variable, los forrajes

secos contienen entre 5 y 7%, mientras que los forrajes verdes y jóvenes contienen hasta el 90% de agua. Es difícil determinar las necesidades de agua de cualquier especie animal, porque son numerosos los factores dietéticos y ambientales que influyen sobre la eliminación de agua, así como la actividad y estado fisiológico (Mc Donald *et al.*, 2002).

En lo que respecta a la calidad del agua, la mayoría de los animales domésticos toleran una concentración de sólidos disueltos de 15,000 a 17,000 mg/L, aunque con esta concentración disminuya su producción. El agua clasificada como buena deberá contener hasta 2500 mg/L de sólidos disueltos (Salinas *et al.*, 1997).

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, leche y huevo 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 (Gómez *et al.*, 2009).

Las proteínas están formadas por unidades simples llamadas aminoácidos. Al hidrolizar las proteínas mediante enzimas, ácidos o álcalis, se obtienen aminoácidos. Aunque se han aislado más de 200 aminoácidos en los compuestos orgánicos, únicamente suelen encontrarse como componentes de las proteínas una veintena de ellas. Los aminoácidos se caracterizan por tener un grupo nitrogenado básico, que generalmente es un grupo amino ($-NH_2$), y un grupo carboxílico ácido ($-COOH$). 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 (Mc Donald *et al.*, 2002).

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

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 (Mc Donald *et al.*, 2002).

Carbohidratos

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. 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 (Mc Donald *et al.*, 2002).

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.).

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 (Maynard *et al.*, 1989; Mc Donald *et al.*, 2002).

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 *et al.*, 2009).

Lípidos

Los lípidos son un grupo de sustancias que se encuentran en los tejidos vegetales y animales. Son insolubles en agua, pero solubles en los solventes orgánicos comunes como bencol, éter, y cloroformo. Actúan como portadores de electrones, transportadores de sustratos en las reacciones enzimáticas, componentes de las membranas biológicas y como fuente y reserva de energía. En el análisis proximal los lípidos se encuentran en la fracción del extracto etéreo (Maynard *et al.*, 1989).

Vitaminas

Las vitaminas se definen como compuestos orgánicos, necesarios en pequeñas cantidades para el normal crecimiento y mantenimiento de la vida animal. Las vitaminas no son simplemente materiales formadores del organismo o compuestos productores de energía, sino que están implicadas o son mediadoras de rutas metabólicas. Las vitaminas son esenciales para el funcionamiento normal del organismo, y tienen funciones individuales específicas. Algunas vitaminas son esenciales para el metabolismo, sin embargo, en algunas especies de animales no es necesario que se encuentren en la dieta, ya que se pueden sintetizar a partir de otros componentes alimenticios o metabólicos. Muchas vitaminas del complejo B son esenciales para el metabolismo del rumiante, pero por lo

general no necesitan estar presentes en el alimento ya que son producidas por la síntesis bacteriana en el rumen. La deficiencia de una vitamina puede producir la muerte de no corregirse a tiempo. Como mínimo, son 14 las vitaminas consideradas factores nutritivos esenciales, habiéndose propuesto algunas más. La mayoría de los piensos formulados como suplementos de concentrados para los rumiantes, o como piensos únicos para cerdos y gallinas, se suplementan con vitaminas (Maynard *et al.*, 1989; Mc Donald *et al.*, 2002).

Minerales

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 (Maynard *et al.*, 1989; Mc Donald *et al.*, 2002).

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.

Necesidades de proteína y energía

Los animales obtienen la energía de los alimentos y precisan los principales nutrientes orgánicos para emplearlos en la formación de los tejidos corporales, así como para la síntesis de productos como la leche y huevo; además resultan necesarios como fuente de energía para los trabajos que realizan. La energía aportada por los alimentos por encima de la necesaria para el mantenimiento, se utiliza para las distintas producciones. Los animales jóvenes en crecimiento retienen energía, principalmente en la proteína de sus nuevos tejidos, en tanto que los adultos acumulan, relativamente, mayor cantidad en forma de grasa. Otras formas de producción son el trabajo muscular y la formación de lana sobre la energía de los alimentos (Mc Donald *et al.*, 2002).

Fuentes comunes de proteína

Pasta de soya

La pasta de soya está considerada como una de las mejores fuentes de proteína de origen vegetal que se dispone para la alimentación animal, debido a su alto contenido de lisina y a que contiene todos los aminoácidos esenciales, aunque las cantidades de cistina y metionina son sub-óptimas.

Su contenido de proteína es aproximadamente de 43 y 50%. El frijol soya del cual se obtiene la pasta tiene un inhibidor de la tripsina que reduce el valor de la proteína, debido a que disminuye la digestión péptica. Sin embargo, este inhibidor se destruye con el procesamiento térmico de la semilla. Si el producto se ha sometido a calor excesivo, su valor nutritivo disminuye. Igualmente, si la temperatura de procesado es insuficiente y la pasta no está bien cocida, el inhibidor no se inactiva totalmente y resulta un producto de calidad alimenticia menor (Mc Donald *et al.*, 2002).

Alfalfa (*Medicago sativa*)

La alfalfa es una leguminosa herbácea y perenne, muy productiva y de buena calidad para el ganado, que por sus cualidades de resistencia a la sequía y al calor y sus elevadas posibilidades de producción (produce lo suficiente para realizar varios cortes a lo largo del año), la convierten en una planta insustituible. La alfalfa se encuentra considerada como una importante fuente de vitamina A, también es muy rica en minerales y además produce una cantidad doble de proteína digestible, (Mc Donald *et al.*, 2002).

Pasta de algodón

La pasta de algodón proporciona proteína de buena calidad, aunque es deficiente en metionina y lisina, antiguamente su uso se restringía, debido a que la pasta contiene gossipol, un pigmento presente en la semilla que no es eliminado completamente en el proceso de extracción del aceite y cuando se encuentra en grandes cantidades puede causar problemas en el crecimiento de los pollos, y en las gallinas problemas de postura, cambios en la coloración de la yema del huevo. El contenido de proteína es aproximadamente del 40 al 45% (Mc Donald *et al.*, 2002).

Pasta de girasol

Su contenido de proteína es aproximadamente de 32 a 42%. Esta pasta es deficiente en lisina, pero rica en metionina y fibra (Mc Donald *et al.*, 2002).

Pasta de cártamo

Esta contiene de 18 a 22% de proteína y de 30 a 35% de fibra. Su principal deficiencia es la falta de lisina; se utiliza poco por su alto contenido de fibra y su bajo valor energético (Ávila, 2001).

Gluten de maíz

Se trata de un subproducto de la extracción del almidón y tegumentos del endospermo de maíz. Tiene aproximadamente 65% de proteína cruda. Es un concentrado de color amarillo intenso, alta palatabilidad y constituye un excelente ingrediente para hembras lactantes, por su perfil de

aminoácidos, en especial su riqueza de metionina. Sin embargo, su costo es alto al igual que la pasta de soya (Mc Donald *et al.*, 2002).

Grano seco de destilería

Subproducto del maíz proveniente del uso de su almidón para la elaboración de alcohol industrial. Tiene aproximadamente 30% de proteína cruda. Es un ingrediente ampliamente usado en fábricas de alimentos comerciales para vacas lecheras (Gómez *et al.*, 2009).

Harinas de pescado

El contenido de proteína es de aproximadamente 55 al 70%. Es rica en aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptófano. Las harinas de pescado deben tratarse con antioxidantes para preservar su valor nutritivo (Mc Donald *et al.*, 2002).

Harinas de carne

La proteína de las harinas de carne es de buena calidad, siendo el contenido de proteína de alrededor del 55%, así mismo presenta un alto contenido en grasa, aproximadamente del 15%, siendo una de las ventajas que ayuda a mejorar la textura de las dietas, reduciéndose la polvosidad. Esta harina constituye una fuente excelente de calcio y fósforo, es rica en lisina pero deficiente en metionina y triptófano (Mc Donald *et al.*, 2002).

Harina de pluma

La harina de pluma hidrolizada contiene un alto nivel de proteína (85%); sin embargo, la digestibilidad de la proteína es baja. Esta proteína tiene carencia en los aminoácidos metionina, lisina, histidina y triptófano, lo cual limita su uso en dietas (Mc Donald *et al.*, 2002).

Harina de sangre

Contiene alrededor de 80% de proteína, pequeñas cantidades de cenizas y aceite y cerca de 10% de agua. Es baja en isoleucina, pero tiene un alto contenido de lisina, buena fuente de arginina, metionina, cistina y leucina. Su uso empleo se restringe del 2 al 3% en las dietas, siempre y cuando el producto no esté contaminado con salmonelas (Mc Donald *et al.*, 2002).

Fuentes comunes de energía

Maíz (*Zea mays L.*)

El maíz es uno de los granos más utilizados en la alimentación de las aves, ya que su contenido calórico es mayor que cualquier otro grano. Este cereal tiene el valor energético más alto (3350 Kcal/Kg). El maíz blanco y el amarillo son los que más se utilizan en la alimentación animal. El maíz como todos los granos de cereales, tiene limitaciones en la alimentación animal, aunque es una fuente excelente de energía y tiene poca fibra, su contenido de proteína es bajo (8.80%) (Ávila, 2001).

Sorgo (*Sorghum vulgare Pers.*)

Actualmente el sorgo es el principal grano usado en la alimentación animal. Su valor energético es ligeramente menor que el del maíz, se puede sustituir parcial o totalmente en dietas. Generalmente su contenido de proteína es más alto que el del maíz y la proteína contiene un mayor contenido de lisina, pero menor cantidad de metionina. El grano de sorgo entero, puede administrarse al ganado ovino, cerdos, y aves; y molido a los demás animales (Celestino, 2008).

Avena (*Avena sativa L.*)

La avena es un grano que contiene alto contenido de fibra (12%) y proteína (12%). Se emplea principalmente en la alimentación del ganado, aunque también es utilizada como planta forrajera, en pastoreo, heno o ensilado, sola o con leguminosas forrajeras. La avena ha sido siempre muy apreciada en la alimentación de los rumiantes y el ganado, pero menos para cerdos y aves, debido a su bajo valor energético. El grano de avena es un magnífico forraje para el ganado caballar y mular, así como para el vacuno y el ovino (Celestino, 2008).

Trigo (*Triticum aestivum L.*)

Su valor energético es inferior al del sorgo y del maíz. La composición proteínica es del 8 al 14%. En algunos aspectos es nutricionalmente superior al maíz, además de ser buena fuente de vitamina E y otras vitaminas (Celestino, 2008).

Fuentes alternas de proteína y energía

El éxito de la ganadería extensiva se basa, entre otras cosas en la capacidad de cubrir las necesidades alimenticias de los animales con el forraje disponible en la explotación, situación que durante la época de estiaje puede tornarse complicada en virtud de que la producción de forrajes y su calidad se reducen considerablemente. Durante este período, los forrajes tienen características particulares en su composición, tanto físicas como químicas; entre las de mayor importancia se pueden distinguir principalmente; bajos niveles de proteína cruda (PC), alto contenido de fibra detergente neutra (FDN) y baja digestibilidad. Esta suma de factores, trae como consecuencia el bajo consumo de materia seca (MS), no permitiendo desarrollar al máximo la capacidad productiva de los hatos ganaderos, sean estos de leche, carne o doble propósito (Delgado, 2007).

Para que un árbol o arbusto pueda ser considerado como forrajero, debe reunir ventajas tanto en términos nutricionales, como de producción y de versatilidad agronómica, sobre otros forrajes utilizados tradicionalmente. En este sentido los requisitos para tal clasificación son: 1) Que el consumo por los animales sea adecuado como para esperar cambios en sus parámetros de respuesta; 2) Que el contenido de nutrientes sea atractivo para la producción animal; 3) Que sea tolerante a la poda; 4) Que su rebrote sea lo suficiente vigoroso como para obtener niveles significativos de producción de biomasa comestible por unidad de área, además, 5) Que exista un conocimiento de los usos por parte de los productores de la región (Delgado, 2007).

Debido a la reducción de la calidad y la disponibilidad de forrajes durante el estiaje, es necesario generar una estrategia de manejo que permita lograr el equilibrio entre los requerimientos alimenticios del ganado y la disponibilidad de nutrientes de la época. Siendo una alternativa la suplementación del ganado a través de alimento que contengan cantidades elevadas de proteína y/o energía (Urrutia y Beltrán, 2003). Dentro del Altiplano potosino, algunas fuentes de proteína y energía alternas son las siguientes:

Mezquite (*Prosopis* spp.)

Los mezquites son especies botánicas de plantas 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. Evidencias arqueo-botánicas y documentos históricos, establecen que varias especies de *Prosopis* constituyeron una importante fuente de alimento, combustible, forraje, etc. El mezquite es una de las especies presentes en gran parte de los ecosistemas áridos y semiáridos de México, constituyendo uno de los recursos de mayor valor socioeconómico. Para la sociedad moderna el mezquite es una planta especialmente útil; es valioso para la alimentación del ganado, ya que sus vainas son altamente nutritivas y los retoños tiernos son comidos por los bovinos y otros animales. 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, y muchas de ellas pasan intactas y enteras por los tractos digestivos de los grandes mamíferos, por lo que se recomienda triturar las vainas para obtener harina, de esta manera el animal se nutre del considerable contenido proteínico del endospermo de la semilla, en resumen se puede afirmar que el consumo de la vaina sin moler aporta un elevado contenido energético (aprox. 45% en azúcares), y entre un 7 y 10% de proteínas (Argüelles y Montoya, 1991), lo anterior se observa en el Cuadro 2. Las hojas del mezquite contienen grandes cantidades de nitrógeno y por lo tanto son nutritivas; sin embargo, el ganado no consume el follaje en gran cantidad (INE, 1994).

Cuadro 2. Características nutrimentales generales del mezquite (fruto maduro)

Atributo	Porcentaje
Proteína cruda (PC)	7-16
Materia seca (MS)	93-96
Fibra cruda (FC)	17-30
Cenizas	3-5
Fibra detergente neutro (FDN)	23-34
Fibra detergente ácido (FDA)	20-25
Digestibilidad calculada	43-66

Fuente: Baraza *et al.*, 2008; INE, 1994; Romero y Urrutia, 2004

Maquey (*agave spp*)

En las regiones áridas y semiáridas del mundo, la principal limitante para la producción agropecuaria es el agua, debido a que la precipitación es baja y muy irregular en su distribución. A pesar de ello, existen plantas adaptadas a estas condiciones. Una de ellas es el maguey, planta del género *Agave* adaptada a condiciones de aridez y que cuenta con un metabolismo fotosintético y un metabolismo ácido de crasuláceas (MAC) atributos que le permiten establecerse en zonas con escasez de agua (Granados, 1993); esta planta ha sido ampliamente aprovechada desde tiempos prehispánicos como alimento (aguamiel, tallos y pencas cocidas, vinagre, pulque, aguardiente, etc.), como material de construcción y fibras textiles. *Agave salmiana* es una de las especies de este género distribuidas en el Altiplano potosino-zacatecano y es probablemente la de mayor importancia económica en la región (Gómez *et al.*, 2009).

En la ganadería extensiva el maguey es picado; sobre todo en épocas de seca representa un forraje disponible que hace posible la subsistencia de esta ganadería. De acuerdo a Pinos *et al.*, (2008), la composición nutrimental del maguey maduro y quiotillo son los estados de madurez más convenientes para ser considerados como alimentos para rumiantes. El contenido de humedad del

magüey lo convierte en un reservorio natural de agua de lluvia; es decir los animales al consumirlo cubren en parte los requerimientos diarios de agua (Gómez *et al*, 2009). Nobel en 1998, señala que las hojas y algunas veces las inflorescencias del henequén, *Agave fourcroyes*, y del *Agave salmiana* son utilizados como alimento del ganado lechero confinado y en agostadero. Velázquez (2004) menciona que las hojas de desvirado de magüey, las cuales son consideradas como desecho en las mezcaleras, tienen uso potencial en la alimentación de los rumiantes. Por otra parte los productos secundarios de la industria textil del agave (pulpa del henequén y del sisal) se utilizan como producto alternativo para alimentar vacunos, ovino y caprinos; y así aprovechar estos subproductos y de alguna manera mejorar la economía de la industria textil (Nobel, 1998).

La mezcla del magüey con otros productos como la alfalfa mejoran la calidad nutritiva, la digestibilidad ruminal y la aceptabilidad en el ganado, por consecuencia incrementa las características nutricionales de la planta de magüey (Zamudio, 2008). Esto queda de manifiesto en Tristán (2010), en donde se establece que el magüey (*Agave spp*) como planta para ensilar es una buena opción por su alto contenido de azúcares y su bajo pH; elementos indispensables para llevar a cabo la fermentación y obtener un ensilado de calidad. Dentro de la investigación con el fin de caracterizar el ensilado de magüey con distintos componentes, se realizaron distintas mezclas de ensilado de magüey con alfalfa verde y harina de mezquite, dando como resultados más importantes que los ensilados presentan características organolépticas deseables para obtener un ensilado de buena calidad y apetecibles para el ganado, concluyendo que el ensilado de magüey con alfalfa y mezquite es una buena opción de alimento forrajero en las poblaciones rurales áridas y semiáridas del país, sobre todo en época de sequía, aprovechándose así un recurso natural renovable de estas zonas. Con base en estos estudios se ha establecido que el magüey fresco o ensilado tiene las siguientes características nutrimentales, Cuadro 3.

Cuadro 3. Características nutrimentales generales del maguey

<i>Atributo</i>	<i>Porcentaje</i>
Materia seca (MS)	15-25
Proteína cruda (PC)	2.5-4.5
Fibra detergente ácida (FDA)	20-35
Fibra detergente neutro (FDN)	17-30
Cenizas	7-11
Saponinas	<1.0
Degradación animal	Hasta 90

Fuente: Gómez *et al.*, 2009.

La morera (*Morus spp.*)

La morera es un árbol asiático que se introdujo a México durante la colonia. Su follaje es el alimento del gusano de seda. Sus hojas pueden tener un valor nutritivo similar al del heno de alfalfa, pero a pesar de ello, en muchos países latinoamericanos aún no se usan como forraje. En el Altiplano mexicano se cultiva como árbol de ornato y presenta hojas verdes de mayo a octubre, aunque la mayor producción de hojas se presenta de abril a julio; a partir de agosto su crecimiento empieza a disminuir hasta suspenderse con las primeras heladas de octubre. En regiones donde no se presentan heladas produce hojas casi todo el año. Su facilidad de multiplicación y cultivo, su adaptación a las podas y defoliaciones intensas y frecuentes, y la excelente aceptación de su follaje, verde y seco por las cabras, respaldan también su potencial como recurso forrajero complementario (Gómez *et al.*, 2009)

Huizache (*Acacia schaffneri*)

Las acacias son aprovechadas en varios países del mundo por las diversas sustancias que obtienen tales como aceites esenciales y taninos, los cuales presenta un alto valor industrial. Del tronco se obtienen gomas, las cuales se utilizan como sustitutas de la goma arábica. También se obtiene madera que se utiliza para leña, carbón, mangos para herramientas, así como en implementos

agrícolas. El follaje es ramoneado por el ganado, principalmente por cabras, siendo las vainas utilizadas en la alimentación del ganado. De acuerdo al trabajo realizado por Celestino (2008), el uso de semillas de huizache y mezquite en la alimentación de las aves de corral, son una gran alternativa para la sustitución de proteína dentro de sus dietas, debido a los altos porcentajes de proteína que contienen (23 y 39% respectivamente).

Algarrobo (*Ceratonia siliqua L.*)

Los frutos del algarrobo son utilizados para la obtención de miel, alcohol, laxantes y diuréticos, así mismo su hemicelulosa llamada tragasol es muy apreciada en la industria. La pulpa se utiliza en la fabricación de piensos para la alimentación animal como aditivo o como uno de los componentes principales de la ración. Triturada se emplea en la engorda del ganado y cerdos, y troceada se usa para el ganado vacuno, ovino, caprino y conejos.

Sistemas ganaderos del Altiplano potosino

La ganadería en el Altiplano se maneja principalmente bajo los sistemas de producción extensiva y semi-intensivo, ubicados en ejidos, colonias y pequeñas propiedades. En la producción extensiva los animales se mantienen en condiciones de pastoreo libre en praderas nativas. El manejo básico que reciben es desparasitación, vacunación y aplicación de vitaminas. La mayoría de los productores realizan la ordeña durante la época de lluvias para la elaboración de queso. Durante los meses de noviembre a junio se hacen rotaciones de potreros y son pocos los ganaderos que suplementan con alimentos molidos o alimentos ganaderos comerciales, limitando la suplementación a los animales que presentaran pérdida de peso. La disponibilidad de agua también se ve limitada durante la época seca, lo que implica la necesidad de mover los potreros a lugares con mayor disponibilidad de agua. Existe una gran diversidad de especies forrajeras que son del conocimiento de los productores, pero su uso y manejo es todavía deficiente. Los árboles forrajeros presentan innumerables ventajas para la ganadería extensiva por poseer un alto valor nutritivo, bajo costo, además de ser una alternativa biológica y ecológicamente viable para el desarrollo sostenible de la ganadería.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el Altiplano potosino en los municipios de Venado, Charcas, Matehuala y la ciudad de San Luis Potosí (Región centro), específicamente en el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas (IIZD); esta consideración se debió que dentro del IIZD ha sido localizada la especie *P. laevigata*, objeto de la presente investigación. Asimismo la Región centro, comparte algunas características semejantes en cuanto a tipo de clima, temperatura y niveles de precipitación con el Altiplano. Los climas predominantes del área de estudio son el seco templado (Bsk), semi-seco templado (BS1 k) y el seco semi-cálido (BS h), una temperatura media anual de 18 °C y una precipitación pluvial media anual de 400 mm.

Recolección de la vaina

La recolección de la especie *P. laevigata* se realizó en los municipios de Venado, Charcas, Matehuala; y en el Instituto de Investigación de Zona Desérticas (IIZD) de la ciudad de San Luis Potosí, en los meses de julio a agosto de 2010. Fueron utilizados 3 árboles de cada especie por municipio, recolectándose 2 kg de muestra de cada árbol. Los análisis químicos y caracterización morfológica fueron realizados en el laboratorio de ciencia animal del IIZD.

Preparación de las muestras

Las vainas se dejaron secar durante tres semanas a temperatura ambiente en bandejas de cartón y papel absorbente, en un lugar fresco, ventilado y protegido de los rayos solares directos. Una vez secas, se procedió a realizar la descripción fenotípica de las mismas. Posteriormente fueron molidas en un molino Thomas- Willey, con una criba de 1 mm para obtener la muestra y realizar los análisis químicos.

Caracterización morfológica de la vaina

La caracterización morfológica de las vainas se realizó considerando para ello las siguientes características. Vaina; peso, largo, ancho, número de segmentos, grosor, color y número de

semillas. Semillas; peso, largo, ancho, grosor y color. Se tomaron 60 vainas de cada variante, mismas que fueron colocadas en la estufa de aire forzado (Marca ARSA) durante 48 horas a una temperatura de 55°C, posteriormente fueron pasados a un desecador; una vez a temperatura ambiente se procedió a pesarlas y realizar la medición de las variables largo, ancho y grosor con la ayuda de un vernier. La determinación del número de segmentos se realizó de manera visual. Una vez determinadas todas las variables o características anteriores, fueron abiertas las vainas para determinar el número de semillas contenidas en cada una de ellas. Una vez determinado el número de semillas, éstas fueron limpiadas y puestas a secar al aire libre por 24 horas, posteriormente fueron pesadas y se realizó la medición del largo, ancho y grosor. La determinación del color se realizó comparando cada una de las vainas y tres semillas de cada una de ellas con las cartas de colores del Manual de identificación de colores en plantas de Munsell (Munsell, 1997), una vez identificado el color más semejante a la muestra se procedió a registrar su código.

Análisis proximal

Se tomaron muestras para realizar el análisis proximal de acuerdo con las normas dadas por el AOAC (1990) para humedad, proteína cruda y cenizas. La grasa se determinó por el método de Soxhlet y carbohidratos por diferencia. Fibra detergente neutra, fibra detergente ácida y fibra cruda por el método de Van Soest (1991).

Determinación de humedad y materia seca (MS). Se pesaron 2 g de cada muestra y se depositaron en capsulas de porcelana previamente taradas, posteriormente fueron colocados en una estufa de aire forzado (marca ARSA) durante 48 horas a una temperatura de 55°; después de esto se realizaron los cálculos de los gramos perdidos. Para el cálculo de humedad y materia seca total en porcentaje se uso la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad \%} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

$$\text{Materiaseca \%} = 100 - \% \text{Humedad}$$

Determinación de cenizas y materia orgánica (MO). El contenido de cenizas se determina por ignición de la muestra a 500 o 600°, a esta temperatura desaparece el material orgánico y así la ceniza representa el material inorgánico. Se pesaron 2 g de cada muestra, mismos que fueron colocados en los crisoles de porcelana previamente tarados; se colocaron los crisoles en la mufla marca FURNACE 62700 y se empezó a elevar la temperatura poco a poco hasta alcanzar los 600°C, los crisoles fueron dejados por 2 horas; posteriormente se dejó enfriar la mufla hasta una temperatura de 100°C y se pasaron los crisoles a un desecador; una vez a temperatura ambiente se procedió a pesarlos. Para determinar la cantidad de cenizas presentes en la muestra se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{Pérdida de peso (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Materia orgánica} = 100 - \% \text{ Cenizas}$$

Determinación de materia grasa cruda. El método consiste en que una cantidad previamente homogeneizada y seca, medida o pesada del alimento se somete a una extracción con éter de petróleo o éter etílico, libre de peróxidos o mezcla de ambos. Posteriormente, se realiza la extracción total de la materia grasa libre por soxhlet. Se pesaron 10 g de cada muestra y posteriormente fueron colocados en una estufa de aire forzado (marca ARSA) durante 48 horas a una temperatura de 55°; posteriormente fueron molidas en un molino Thomas- Willey, con una criba de 1 mm; se pesó en duplicado 2 a 5 gramos de muestra preparada en el dedal de extracción o papel filtro previamente pesado y tapado con algodón desgrasado; posteriormente se secó el matraz de extracción por 30 minutos a 103+ 2°C y se pesó; se colocó el matraz de extracción en el sistema soxhlet el dedal en el tubo de extracción y se adicionó el solvente al matraz; posteriormente se extrajo la muestra con el solvente por 6 a 8 horas a una velocidad de condensación de 3 a 6 gotas/s; una vez terminada la extracción se eliminó el solvente por evaporación en baño María bajo campana de extracción hasta que no se detectó olor a éter; por último se secó el matraz con la grasa en estufa a 103+ 2°C por 10 minutos y se pasó a un desecador hasta poner a temperatura ambiente para poder pesarse. Para el cálculo de grasa cruda se usó la siguiente fórmula:

Donde:

$$\% \text{ Grasa cruda} = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

m_1 = Peso del matraz solo
 m_2 = Peso del matraz con grasa
 m = Peso de la muestra

$$\% \text{ Grasa cruda en base seca} = \% \text{ grasa cruda} \times \frac{100}{100 - \% \text{ humedad}}$$

Donde:

m_1 = Peso del matraz solo
 m_2 = Peso del matraz con grasa
 m = Peso de la muestra

Los resultados se informan en % de materia grasa en base seca o húmeda. Se debe promediar los valores obtenidos y expresar el resultado con 2 decimales. La diferencia de los 2 resultados no debe ser superior al 2 % del promedio.

Determinación de proteína cruda (PC). El método de Kjeldahl para la determinación de proteína-nitrógeno, consiste en la conversión de proteína-nitrógeno a sulfato ácido de amonio durante la digestión de la materia orgánica con ácido sulfúrico y calor, en la presencia de un catalizador. Una vez que la materia orgánica se ha desintegrado completamente, la solución se neutraliza con hidróxido de sodio, liberándose amoníaco el cual es destilado por arrastre con vapor dentro de una solución de ácido bórico, para formar un complejo boro-amoniaco (tetraborato de amonio). La cuantificación del nitrógeno se logra cuando una solución de ácido previamente valorada (ácido clorhídrico 0.1 N) se añade a la solución formando con cada equivalente de boro-amoniaco, un equivalente del sulfato-amoniaco (sulfato de amonio). Aquí un ml de ácido estandarizado neutraliza 0.014 g de nitrógeno en forma de ión amonio. En este método el valor de la proteína se obtiene multiplicando el contenido de nitrógeno por 6.25; este factor es del supuesto de que las proteínas contienen 16% de nitrógeno (100/16). Se pesaron 2 g de cada muestra, estos se colocaron en tubos de digestión, en donde se agregaron 10 g de una mezcla catalizadora (sulfato de sodio, sulfato de cobre y selenio negro) y 25 ml de ácido sulfúrico concentrado, posteriormente los tubos se colocaron

en el digestor a una temperatura de 25°C a 100°C en un tiempo de 30 minutos, después se aumentó la temperatura a 450°C, se retiraron del digestor después de 2 horas o hasta tener una coloración verde e inmediatamente después se pasan al destilador, en donde se les colocó 115 ml de NaOH, 50 ml de H₂O Y 100 ml de H₃BO₃; para su posterior titulación con HCL 0.1 N y se mide el gasto para obtener el porcentaje de nitrógeno.

$$\text{Formula: } \% N = \frac{(\text{Gasto HCL}) (N) (1.4)}{\text{Peso de la muestra}(g)}$$

$$PC = \% N \times 6.25$$

Determinación de Fibra cruda. Los carbohidratos en el análisis proximal se determinan por dos fracciones: fibra cruda y extracto libre de nitrógeno. Fibra cruda (FC); Se determina por ebullición ácida y alcalina, en forma sucesiva el residuo obtenido después de ebullición es la fibra cruda y contiene la celulosa, parte de hemicelulosa y parte de lignina. Extracto libre de nitrógeno (ELN); este es un término erróneo, ya que no existe ninguna extracción. Se determina por diferencia, así, ELN= 100-(%ceniza + %PC +%FC +%EE). Incluye principalmente carbohidratos que son fácilmente utilizables por todas las especies de animales, contiene principalmente almidón, pectina y fracciones de hemicelulosa y lignina. La clasificación de los carbohidratos en dos grupos se basa en el supuesto de su solubilidad y su utilización nutritiva. Los animales no rumiantes utilizan el ELN como principal fuente energética, aunque no utilizan la pectina; por otro lado como fuente energética los rumiantes utilizan el ELN y la FC, esta última en proporciones variables. Se pesó 1 g de cada muestra de vaina de mezquite, las cuales fueron colocadas en las bolsas de filtro marca ANKOM modelo F-57, posteriormente se introdujeron en el digestor con una solución de H₂SO₄ al 0.25 N durante 40 minutos, para después agregarle una solución básica de NaOH al 0.31 N durante 40 minutos. Posteriormente se secaron en una estufa de aire forzado durante 24 horas a una temperatura de 55°C; para después llevar las muestras a una mufla para corrección de cenizas.

Por medio de la siguiente formula se obtuvo el porcentaje de fibra cruda

$$\% FC = \frac{W_3 - (W_1 \times C_1)}{W_2} \times 100$$

Donde:

W_1 = Peso de la bolsa

W_2 = Peso de la muestra

W_3 = Peso de la materia orgánica

C_1 = Factor de corrección de la bolsa "blanco"

Determinación de las fracciones de Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácida (FDA) por el método Van Soest. Para cada análisis se pesaron 0.45 a 0.55 g (MS) por separado de la muestra de cada una de la variantes de la vaina de mezquite y se introdujeron a bolsas de filtro marca ANKOM modelo F-57, posteriormente se introdujeron en el digestor por 75 minutos con las respectivas soluciones (detergente ácida y detergente neutra), y se secaron en una estufa de aire forzado durante 24 horas a una temperatura de 55-60°C.

Por medio de las siguientes formulas se obtuvieron los porcentajes de FDN y FDA

$$\% FDA = \frac{W_3 - (W_1 \times C_1)}{W_2} \times 100 \quad \% FDN = \frac{W_3 - (W_1 \times C_1)}{W_2} \times 100$$

Donde:

W_1 = Peso de la bolsa

W_2 = Peso de la muestra

W_3 = Peso seco de la bolsa después del proceso de extracción

C_1 = Factor de corrección de la bolsa "blanco"

Análisis estadístico

El análisis estadístico de las variables de respuesta fue para un diseño completamente al azar, mediante el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS, 1999) y una prueba de medias de Tukey (Steel y Torrie, 1997). Respecto a la variable color se realizó un análisis estadístico no paramétrico a través de la prueba de Ji cuadrada.

Modelo estadístico de un diseño completamente al azar

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + \varepsilon_{ijk}$$

Y_{ijk} = Variable respuesta en el i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

μ = Media general

T_i = Efecto del i-ésimo tratamiento

ε_{ijk} = Error experimental

Prueba de Ji cuadrada

$$x^2 = \sum \left[\frac{f_o - f_e}{f_e} \right]^2$$

X^2 = Valor estadístico de ji cuadrada.

f_o = Frecuencia observada

f_e = Frecuencia esperada

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al momento de recolectar las vainas de mezquite de los árboles, se me proporcionó información acerca de que había tamaños, formas y colores diferentes de vainas de *P. laevigata* por parte de un experto en el tema (Aguirre, 2010), datos que fueron corroborados durante el muestreo, por lo que se podían diferenciar claramente tres distintos tamaños, formas y colores de las vainas. Así, se decidió denominar para el análisis químico y caracterización morfológica tres variantes; la variante A (variante semi-larga con segmentación poco pronunciada, y coloración amarillenta con tonalidades moradas o rojizas, siendo esta la más común y abundante dentro de la región de estudio), la variante B (variante larga con gran segmentación y coloración amarillenta y en ciertas ocasiones morada o rojiza) y la variante C (variante con pericarpio grueso y poca segmentación, con coloración amarillenta o paja) para determinar si existía alguna diferencia estadística en la composición química y caracterización morfológica de las vainas de *P. laevigata*. En las Figuras 9, 10 y 11 se observan las vainas de mezquite utilizadas para el presente estudio.

Variante A.



Figura 9. Variante "A" de la especie *P. laevigata*

Variante B.



Figura 10. Variante "B" de la especie *P. laevigata*

Variante C.



Figura 11. Variante "C" de la especie *P. laevigata*

Análisis químico

De acuerdo a los resultados que se muestran en el Cuadro 4, se observa que existen diferencias estadísticas significativas entre las distintas variantes en lo que respecta al contenido de cenizas, FDN, FDA, PC y FC, lo anterior puede deberse a una gran diversidad de factores como son disponibilidad de agua, profundidad del suelo, tipo de suelo, etc. En lo que respecta al contenido de proteína cruda se observa que la especie en sus tres variantes analizadas presenta valores aceptables, lo cual la potencializa como una fuente alterna de proteína de buena calidad, misma que puede ser utilizada como suplemento alimenticio, para cubrir parte de las necesidades diarias del animal. La variante B fue la que presentó el mayor contenido de proteína, hasta en un 15% más alto con respecto a las otras dos variantes. Se pueden observar que los valores promedio resultantes de los análisis químicos realizados a las tres variantes de la especie *P. laevigata*, son semejantes a los reportados en trabajos previos (Baraza *et al.*, 2008; INE, 1994; Romero y Urrutia, 2004), dentro de los cuales se tienen contenidos de proteína entre 7-12%, 14-19% de fibra cruda, 3-5% de cenizas, 4-8% de humedad, 20-34% de FDN, 20.-25% de FDA, y de 40-55% de carbohidratos.

Cuadro 4. Características nutrimentales de *P. laevigata*.

Variante	% MS	% PC	% FC	% FDN	% FDA	%CENIZAS	% GRASA	%CHO
A	90.40	8.84 ^b	17.59 ^a	29.10 ^a	20.19 ^a	4.03 ^b	4.00	49.20
B	90.78	10.28 ^a	16.88 ^a	27.09 ^a	19.92 ^a	4.20 ^a	3.90	48.10
C	90.60	8.14 ^b	15.01 ^b	23.92 ^b	17.68 ^b	3.61 ^c	3.80	48.90
EEM	0.17	0.31	0.45	0.48	0.38	0.04	0.02	0.82

^{a,b} Las medias con diferente literal por columna son estadísticamente diferentes (p<0.05)

En lo que respecta al contenido de fibra cruda en las tres variantes, se observaron valores bajos comparados con los de la literatura, siendo la variante C la que presentó los porcentajes de contenido más bajos, (12 y 17% menos que las variantes B y A respectivamente). Con base en lo

anterior se puede establecer que la parte indigestible de la especie en sus tres variantes es relativamente baja. En el caso de los monogástricos (humanos, cerdos y aves), 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 (McDonald *et al*, 2002). Es importante señalar que desde el punto de vista nutricional, y en sentido estricto, la fibra cruda no es un nutriente, ya que no participa directamente en procesos metabólicos básicos del organismo. No obstante, desempeña funciones fisiológicas sumamente importantes como estimular la perístasis intestinal. En lo que respecta al contenido de FDN (pared celular) se observa que la especie en sus tres variantes presenta contenidos bajos, mismos que son próximos al contenido de FDA (fracción indigerible). Los porcentajes de FC, FDN y FDA, nos indica que hay poca cantidad de fibra en el fruto y dicha cantidad es poco digerible. La variante que presentó los valores más bajos de contenido de FDN y FDA fue la variante C, en porcentajes de 18 y 21% más bajos en FDN y entre un 12 y 13% en lo que respecta al contenido de FDA. El contenido de carbohidratos es alto en las tres variantes, lo que favorece su utilización como fuente energética y combinado con su aceptable contenido de proteína potencializa su uso dentro de la alimentación animal, permitiendo un alto aporte de energía.

Caracterización morfológica de la vaina

En los Cuadros 5 y 6 se observan los resultados de la caracterización morfológica realizada a las vainas de las tres variantes de *P. laevigata*, mismos que presentan similitudes con las descripciones botánicas de la especie realizada por Cedillo y Mayoral (1997), donde se establece que los frutos son vainas alargadas, rectas o arqueadas, indehiscentes, que presentan longitudes de entre 7 y 20 cm de largo por 8 a 15 mm de ancho y de 3.5 a 5.5 mm de grosor, color amarillento a rojizo, que contienen de 12 a 20 semillas lisas color café claro, las cuales presentan las siguientes características; una longitud entre 8 y 11 mm, una ancho entre 4.5 y 8 mm, y un grosor de entre 2.3 y 4.5 mm. En lo que respecta al grosor de la vaina, si existen diferencias entre los resultados obtenidos y lo reportado en la bibliografía, ya que se presentaron valores mayores hasta de un 25% con respecto a lo reportado con Cedillo y Mayoral (1997). En lo que respecta a las características peso de la vaina, número de segmentos, grosor del pericarpio y peso de la semilla no se cuenta con información previa con la cual pueda ser comparada.

Cuadro 5. Características morfológicas de la vaina de *P. laevigata*.

Variante	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grosor (cm)	Número segmentos	Número semillas	Pericarpio (mm)	Color
A	3.80 ^a	13.35 ^{ab}	1.00 ^b	0.63 ^b	15 ^b	16 ^{ab}	0.46 ^b	Amarillento a morado y rojizo
B	5.23 ^b	14.53 ^b	1.16 ^a	0.65 ^b	17 ^a	17 ^a	0.51 ^a	Amarillento a morado y rojizo
C	5.52 ^b	13.05 ^a	1.18 ^a	0.78 ^a	14 ^b	15 ^b	0.51 ^a	Amarillento
EEM	0.19	0.38	0.01	0.01	0.51	0.51	0.01	

^{a,b} Las medias con diferente literal por columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

Se observa que existen diferencias estadísticas entre al menos dos variantes en cada una de las características medidas. En lo que respecta al peso de la vaina, la variante A fue la que presentó el menor peso con respecto a las variantes B y C en casi un 30%. La característica longitud fue mayor para la especie B en casi un 10% con respecto a las otras variantes. De acuerdo a los resultados las variables número de segmentos y semillas por vaina, muestran una relación directa con la longitud, ya que al incrementarse el tamaño de la vaina, el número de segmentos y semillas se ven incrementadas. Así mismo se puede observar que las características de anchura, grosor y grosor del pericarpio fueron mayores en la variante C, por lo que puede establecerse cierta relación entre las mismas.

Cuadro 6. Características morfológicas de la semilla de *P. laevigata*.

Variante	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Grosor (cm)	Color
A	0.10 ^b	1.14 ^b	0.76	0.34 ^b	Café claro
B	0.14 ^a	1.16 ^b	0.74	0.41 ^a	Café claro
C	0.14 ^a	1.27 ^a	0.77	0.43 ^a	Café claro
EEM	0.003	0.01	0.01	0.007	

Las medias con diferente literal por columna son estadísticamente diferentes ($p < 0.05$)

En lo que respecta a la semilla se observa que existe una relación directa entre el peso de la vaina y el peso de la semilla, ya que la variante A fue la que presentó el menor peso de las tres en hasta un 40%. La importancia del peso de la semilla y vaina radica en que al contar con mayor peso, la cantidad de nutrientes es mayor que en variantes con menor peso, por lo que se requieren menores cantidades de vainas para cubrir las necesidades de los animales. Respecto a las características de longitud de la semilla, anchura y grosor, se mantuvo la misma proporción respecto a la vaina, ya que la variante B fue la que presentó la mayor longitud y la variante C mayor ancho y grosor de su semilla. El grosor de la semilla es una característica importante dentro de la alimentación animal, ya que al ser ésta más gruesa se torna más difícil para el animal poder romper la testa que la cubre y aprovechar su contenido, esto cobra importancia ya que la mayoría de los productores brinda la

vaina entera a sus animales por lo que el contenido de proteína de la semilla no es aprovechado en su totalidad. En lo que respecta a la coloración de la vaina y su semilla, de acuerdo a las pruebas estadísticas no paramétricas realizadas, se tiene que no existen diferencias internas de coloración. En los Cuadros 5 y 6 se observa que las vainas en sus tres variantes no presentaron diferencias significativas de coloración tanto en la vaina como en la semilla. Los colores observados en las vainas en todos los casos fueron, el paja o amarillento que en algunos casos presentaron combinaciones con tonalidades moradas o rojizas (2.5 Y 8/4 con 5RP 6/4; 2.5 Y 8/4; 2.5 Y 8/4 con 5RP 5/6, 2.5 Y 8/6; 2.5 Y 8/6 con 5RP 3/2; 2.5 Y 8/6 con 5RP 5/6; 2.5 Y 8/6 con 10R 3/2), mismas que fueron descritas de acuerdo al Manual de identificación de colores en platas de Munsell (1997). Las variaciones de color coinciden con lo reportado en Cedillo y Mayoral en 1997, donde se reporta que las vainas presentan coloraciones que van desde el color amarillento al rojizo. En lo que respecta a las semillas la bibliografía indica que presentan una coloración café clara (2.5 Y 7/8, 2.5 Y 8/6, 7.5 YR 6/6), misma que fue corroborada durante el presente estudio.

CONCLUSIONES

Se 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* en sus tres variantes contiene un porcentaje de proteína y carbohidratos mayor que algunos de los alimentos ofrecidos por los productores ganaderos del Altiplano potosino a su ganado.

Los resultados indican que la variante B fue la que presentó los mejores resultados desde el punto de vista nutricional, ya que tiene el contenido de proteína más alto, un considerable contenido de carbohidratos, así como valores bajos de contenido de FDA, por lo que podría resultar más digestible para los rumiantes.

En lo que respecta las características morfológicas la variante que presentó las características más deseables fue la variante B, misma que presentó un buen peso de su vaina y semilla, así como el mayor número de semillas. La coloración de la especie en sus tres variantes analizadas no presentó diferencias significativas de coloración tanto en la vaina como en la semilla.

Por lo anterior la vaina de mezquite es una buena opción para ofrecerse al ganado durante la época de estiaje, minimizando con ello los gastos de mantenimiento de los productores de bajo recursos.

LITERATURA CITADA

Aguirre, R. (2010). Comunicación personal

A.O.A.C. (1990). Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists. 13th Edition. Published by the Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C. 20044, USA.1018 p.

Argüelles, A. y Montoya, R. (1991). Explotación del mezquite en San Luis Potosí, una perspectiva histórica. Ediciones del Archivo histórico del Estado de San Luis Potosí. S.L.P., México. 88 p.

Ávila, G. (2001). Alimentación de las aves. Editorial Trillas. México D.F. 102 p.

Baraza E., Ángeles S., García, A., y Valiente, A. (2008). Nuevos recursos naturales como complemento de la dieta de caprinos durante la época de seca en el Valle de Tehucán, Puebla. *Interciencia, volumen 33 (012):* 891-896 p.

Cedillo, V. y Mayoral, P. (1997). "*Prosopis laevigata*". FAO.RLC. Agroforestería en zonas áridas. México. 5 p.

Celestino, S. (2008). Caracterización nutricional de semillas alternativas para su uso en la reproducción avícola en zonas rurales. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí. S.L.P., México. 53 p.

Delgado, J. (2007). Valor nutricional y usos tradicionales de las especies arbóreas del municipio de Nocupétaro, Michoacán. Tesis de licenciatura. Facultad de Medicina veterinaria y zootecnia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Michoacán, México. 48 p.

Gómez, A., Pinos, J., y Aguirre, J. (2009). Manual de producción caprina. Primera edición. Ediciones Universidad Autónoma de San Luis Potosí. México. 186 p.

Granados, S. (1993). Los agaves en México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 252 p

INE. (1994). Mezquite *Prosopis* spp. Cultivo alternativo para zonas áridas y semiáridas de México. Comisión Nacional de Zonas Áridas. México, D.F.18 p

Maynard, L., Loosli, J., Hintz, H. y Warner, R., (1989). Nutrición animal. Cuarta edición. Editorial McGraw- Hill, México, D.F. 605 p.

McDonald, P., Edwards, R., Greenhalgh, J., y Morgan, C. (2002). Animal Nutrition. Sexta edición. Editorial Acribia. 1-50 p.

Munsell color charts for plants tissues. (1997).

Nobel, P. (1998). Los incomparables agaves y cactus. Editorial Trillas. 54 y 192 p.

Pinos Rodríguez, J.M.; M. Zamudio y González S. (2008). The effect of plant age on the chemical composition of fresh and ensiled *Agave salmiana* leaves. *South African J. Anim. Sci.* 38(1):43-50 p.

Romero J. y Urrutia, J. (2004). Suplementación con costilla de vaca y vaina de mezquite a cabras de lactancia. folleto técnico número 16 INIFAP. Centro de Investigación Regional del Noreste. México. 2 p.

Salinas J., Yado R., y Lerma C. (1997). Nutrición animal básica. Primera edición. Editorial Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Tamaulipas, México. 190 p.

SAS. Institute, Inc. (1999). SAS User's Guide: Statistics, Statical version 8. Cary North Carolina. 956 p.

Steel, G. R., Torrie, J. and Dickey, D. (1997). Principles and procedures of some antinutritional plant secondary metabolites. *Agric. Food Chem* (5):5581-5597 p.

Tristán, F. (2010). Caracterización del ensilado de maguey con la adición de alfalfa verde y harina de vaina de mezquite. Tesis de licenciatura. Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México. 41 p.

Urrutia, J., y Beltrán, S. 2003. Manejo del ganado en época de sequia en el Altiplano y Zona media de San Luis Potosí. Folleto técnico número 10 INIFAP Centro de Investigación Regional del Noreste. México. 2 p.

Velázquez, B. 2004. Valoración nutrimental de la planta completa y de las hojas del desvirado de magueyes (*Agave salmiana* Otto ex. Salm-Dyck) tiernos, quiotillos y castrados. Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, S.L.P., México. 21 p.

Van Soest, P., Robertson, J, and Lewis B. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy. Sci.* (74):3583-3597 p.

Zamudio, D. (2008). Valoración nutrimental del maguey *Agave salmiana* (Otto exsalm-dyck) en rumiantes. Tesis de doctorado. Colegio de postgraduados. México. 94 p.

CAPÍTULO 3. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE VAINA DE *Prosopis laevigata* EN KG DE MATERIA SECA POR HECTÁREA DENTRO DEL ALTIPLANO POTOSINO.

RESUMEN

El mezquite es una de las especies que forman parte fundamental de los ecosistemas áridos y semiáridos de México, constituyendo uno de los recursos de mayor valor socioeconómico. Con el objetivo de estimar la producción de vaina de *P. laevigata* en kg de materia seca por hectárea dentro del Altiplano potosino se realizó un modelo de predicción, utilizando para ello un conjunto de variables alométricas (diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura). Los resultados principales indican una producción estimada de 3.7 toneladas por hectárea, con una densidad promedio de 194 árboles, siendo la variable DAP la que presenta la mayor correlación con la producción de vaina. Por lo anterior se concluye que el modelo obtenido puede ser aplicado con un 92.69 % de confianza para predecir la producción de vaina de un árbol de mezquite de la especie *P. laevigata* con tan sólo medir el DAP y su altura. La producción de vaina de mezquite en la región del Altiplano potosino es considerada como buena dada las condiciones climáticas imperantes en la región.

ABSTRACT

Mesquite is one of the species that belongs to an important resource in arid and semi-arid ecosystems in México. The aim of the present study was to estimate the productivity of mesquite pods in kg of dry matter of the species *P. laevigata* per hectare in the Potosino highlands. A prediction model was made using an allometric variable mix (diameter at breast height and height). Results showed an estimated production of 3.7 ton per hectare, with an average density of 194 trees. The variable diameter showed a higher ($P < 0.05$) correlation with the mesquite pod production. It is concluded that the obtained model can be used with 92.69 % of confidence to predict pod production from a mesquite tree of the specie *P. laevigata* with only measuring the tree diameter and height. The mesquite pod production in the Potosino highlands is considered good given the climate conditions in the region.

INTRODUCCIÓN

El mezquite es una especie arbórea, multiusos, que forma una parte fundamental de los ecosistemas áridos y semiáridos de México, que crece de manera silvestre en las regiones donde las condiciones para el desarrollo de la agricultura son adversas, constituyendo uno de los recursos de mayor valor socioeconómico. En México los mezquites se distribuyen en una superficie aproximada de 3.5 millones de hectáreas sin tomar en cuenta las montañas y las partes bajas del sureste del país (Serrato y Quiroz, 2001). De acuerdo a López *et al.*, (2006); en la República mexicana se localizan nueve especies de *Prosopis*.

En el estado de San Luis Potosí, se distribuyen tres especies: *P. laevigata*, *P. glandulosa* var. *torreyana* y *P. juliflora*, siendo la región del Altiplano potosino donde se presenta la mayor distribución y aprovechamiento del recurso. En esta región el mezquite reviste gran importancia, ya que es utilizado por los productores pecuarios de bajos recursos como forraje durante la época de estiaje, lo cual permite a este sector mantener su ganado en aceptables condiciones y minimizar los costos de mantenimiento. En algunos sitios del Altiplano Potosino, se reporta que la vaina de *P. laevigata*, es usada para formular raciones y componentes de dietas balanceadas para incrementar la producción de leche y engorda de ganado bovino, porcino y ovino.

La producción de vaina varía de un año a otro, entre especies, sitios, y árboles de la misma especie. Un bosque de mezquite maduro, bien manejado puede producir de 4 a 10 toneladas por hectárea de vaina en sitios de 250 a 500 mm de precipitación pluvial anual (Ramírez y Villanueva, 1998). Se estima que en esa misma superficie se pueden producir hasta 800 kg de peso de ganado mayor, en tanto que en la misma extensión de maíz solo se obtendrían 563 kg (Meraz *et al.*, 1998). En el Altiplano potosino se han reportado producciones de 4 a 50 kg por árbol, sin embargo no se cuenta con datos relacionados con la producción de vaina de la especie *P. laevigata*, especie más abundante y mayormente utilizada por los productores pecuarios dentro del Altiplano potosino. Por lo que se realizó la estimación de la producción de vaina de mezquite en kg de materia seca por hectárea de la especie *P. laevigata* dentro del Altiplano potosino.

REVISIÓN DE LITERATURA

Evaluación de las poblaciones de mezquite en el Altiplano potosino

Los mezquites se encuentran firmemente establecidos en más de 3.5 millones de hectáreas del norte de México. *P. laevigata*, es el mezquite típico del centro de México, y es la especie dominante en los estados de Zacatecas, San Luis Potosí, y centro y sur de Tamaulipas. Se presenta en forma de árboles con altura de 6 a 7 m, así como arbustiva de 2 a 3 m; distribuyéndose en altitudes de hasta los 2500 msnm.

En la región del Altiplano potosino, se estima que la producción anual de vaina varía de 4 a 50 kg/árbol y de 200 a 2,200 kg/hectárea, en densidades de 25 a 445 árboles/hectárea. Además se considera que solamente el 15% de los árboles producen cantidades apreciables de vainas, por lo que bajo ciertas técnicas (selección genética y plantación de individuos superiores, propagación clonal, aclareos y manejo del rodal) se pudieran incrementar enormemente la cantidad de vaina por hectárea (Maldonado y De la Garza, 2000).

En lo que respecta a la especie *P. laevigata*, se han llevado a cabo estudios en las cercanías de San Luis Potosí en un área de 600 km² siendo la densidad media encontrada de 200 árboles por hectárea con una altura de 2 a 6 m (López *et al.*, 2006).

Método de reproducción

El mezquite es una planta que básicamente se reproduce por semilla, sin embargo existen especies que llegan a reproducirse de manera asexual a través de órganos subterráneos. Un kg de semilla, contiene aproximadamente 20,000 semillas con 65 a 95% de germinación. Existe evidencia morfológica floral de que el mezquite es una planta alógama, ya que primero se expande el estigma y después los estambres, segrega abundante néctar y las flores son más o menos vistosas. Todo lo cual favorece la alogamia y los cruzamientos naturales (Granados, 1996). La diseminación de la semilla es zoófila y más frecuentemente endozoica, es decir la diseminación se verifica a través del aparato digestivo de los animales.

Reproducción sexual o por semilla. La reproducción del mezquite en condiciones naturales es únicamente por medio de semilla. La semilla es la parte más vulnerable en el ciclo de vida de *Prosopis*, debido a la cantidad de agua tan limitada que proviene del ambiente desértico. La dispersión es endozóica, a través del tracto digestivo de animales como los ovicaprinos, lo cual sirve como función dual ya que la semilla es alejada del árbol progenitor y los parásitos internos de las semillas son muertos por los fluidos digestivos; además, proporciona un benéfico trabajo de escarificación que hace que la germinación se lleve a cabo en un menor tiempo.

Reproducción asexual o vegetativa. De las especies de *Prosopis* que se distribuyen en México solo *P. raptus* var. *cinerascens* presenta una propagación vegetativa a través de órganos subterráneos. Aunque se han realizado estudios sobre la reproducción del mezquite por medio del enraizamiento de estacas, ésta no ha resultado del todo satisfactoria; además el mezquite presenta una abundante producción de semilla, que en gran parte es viable, por lo que la reproducción por semilla se considera la más recomendable (Ramírez y Villanueva, 1998).

Genética

El mezquite presenta un gran polimorfismo debido a las condiciones del ambiente, y a los cruzamientos naturales entre poblaciones que son facilitadas por su enorme plasticidad genética.

La falta de diferencia cromosómica y la ausencia de la incompatibilidad por barreras genéticas parecen explicar en parte la alta incidencia de la hibridación interespecífica. En el género *Prosopis*, el polimorfismo genético en las poblaciones es una ventaja en la gama de espectros de hábitats del mezquite considerando que no solamente los parámetros físicos del medio actúan como agentes selectivos en las especies de *Prosopis*, sino que las interacciones bióticas juegan un papel importante y significativo en la formación de muchas características de adaptación en los mezquites.

La variabilidad genética en *Prosopis* es el resultado de la selección, y como ya se mencionó anteriormente, se manifiesta por un poliformismo genético de las poblaciones, lo que representa una ventaja para las poblaciones perennes, las cuales habitan en un espectro amplio de un sector relativamente pequeño de micro y macro hábitat. No únicamente los parámetros físicos del medio

ambiente son determinantes para la variabilidad, sin embargo se presentan como agentes selectivos para las especies de *Prosopis*.

La reproducción vegetativa se da cuando se afecta la parte aérea del mezquite, ya que a 20 cm aproximadamente de la superficie del suelo y sobre la raíz principal se encuentran las yemas latentes. Estas yemas pueden dar origen a varias (5 a 8) plántulas en las cercanías del progenitor. Se ha observado gran variación ecotípica en el tipo de germinación de vástagos, crecimiento, requerimientos de temperatura para el crecimiento y tolerancia a las heladas, tanto en campo como en invernadero para los mezquites de Norteamérica y Sudamérica.

Aunque generalmente crecen a lo largo de cursos de agua, las especies de *Prosopis* con frecuencia forman extensos matorrales densos. Pueden tolerar desiertos extremos y aún crecer rápidamente, si hay suficiente agua subterránea. Usualmente necesitan una lluvia anual de 250 mm pero algunos especímenes se han encontrado bien establecidos en lugares con lluvias anuales tan bajas como 50 mm. Se localiza generalmente en suelos pobres, prospera en suelos arenosos o rocosos, algunas especies son notablemente tolerantes a la sal.

Las adaptaciones que ha sufrido *Prosopis* para adquirir y retener la humedad están básicamente en el sistema radicular, la morfología de la hoja, las tolerancias fisiológicas de la planta y la reducción del tamaño de los estomas de las hojas.

Producción de vaina y semilla

La producción de vaina varía de un año a otro, entre especies, sitios, y árboles de la misma especie. Un bosque de mezquite maduro, bien manejado puede producir de 4 a 10 toneladas por hectárea de vaina en sitios de 250 a 500 mm de precipitación media anual (Felker, 1979 citado en Ramírez y Villanueva, 1998). En el Altiplano potosino se han reportado producciones de 4 a 50 kg por árbol. La producción de semillas también es variable, la cantidad de semillas por kg de las especies nativas de la región Media y Altiplano de San Luis Potosí, se presenta en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Semillas por kilogramo de las especies de mezquite en el estado de San Luis Potosí

<i>Especie</i>	<i>Número de semillas por kg</i>
<i>Prosopis laevigata</i>	28,600
<i>Prosopis glandulosa var. torreyana</i>	27,800
<i>Prosopis juliflora</i>	21,900

Fuente: Ramírez y Villanueva, 1998.

Tomando como base las experiencias que existen en otros países, el mezquite empieza su producción a partir del cuarto año, estabilizándose en el décimo, esto depende tanto de las condiciones de humedad como de suelo que se presenten en el lugar donde se desarrolla la planta, además de la especie y el sistema de cultivo.

Métodos de medición de la productividad de mezquite

Las metodologías usadas actualmente para la medición de la productividad del mezquite son manuales y a través de la utilización de modelos predictivos.

Métodos manuales

Es un método simple que consiste en la recolección manual de las vainas de cada árbol por separado para posteriormente medir el peso seco alcanzado a temperatura ambiente.

Métodos predictivos

Son utilizados principalmente para estimar la productividad primaria. Emplea modelos matemáticos predictivos a partir de variables alométricas comunes. Un ejemplo son los modelos de regresión para predecir la biomasa aérea, los cuales utilizan variables alométricas medidas en campo y cuya evaluación puede ser o no destructiva. El diámetro a la altura del pecho DAP (1.3 m) es la variable alométrica independiente más adecuada por su fácil medición y alta correlación con la biomasa. Para el caso de individuos jóvenes o de tamaño pequeño son utilizadas otras combinaciones tales como

el producto del diámetro a la altura de pecho y la altura o simplemente el diámetro a la base (Iglesias y Barchuk, 2010).

Características fenológicas

Las etapas vegetativas y reproductivas del mezquite varían a través del año, en función del tiempo y de la especie. En el Altiplano potosino en el mes de marzo aparecen los primeros botones florales, poco tiempo después de que se inicia el brote de las hojas. Posteriormente en el mes de abril, los árboles de mezquite se encuentran en plena floración. En los meses de mayo a junio se inicia el desarrollo de los frutos o vainas, para después en los meses de julio y agosto ocurra su maduración y desprendimiento de manera natural.

En el Cuadro 8 se muestran las etapas fenológicas del mezquite en el estado de San Luis Potosí.

Cuadro 8. Etapas fenológicas del mezquite en el estado de San Luis Potosí

<i>Evento</i>	<i>Región media</i>	<i>Región Altiplano</i>
Inicio de crecimiento de hojas y ramas	Feb-Mar	Ene - Feb
Floración	Feb-Mar	Feb – Abr
Fructificación y maduración del fruto	Abr –Jul	May - Ago
Senescencia de hojas	Sep – Oct	Oct - Dic
Latencia vegetativa	Nov –Ene	Oct - Ene

Fuente (Ramírez y Villanueva, 1998)

Cultivo

Aunque en nuestro país existen pocas evidencias prácticas del cultivo del mezquite, principalmente por la ausencia de plantaciones comerciales de la especie, se han realizado diversos estudios acerca de la propagación inducida del mezquite y su manejo agronómico. En otros países en

cambio, el mezquite se ha convertido en un cultivo de uso múltiple para las zonas áridas y semiáridas.

Al respecto cabe destacar la experiencia exitosa de Brasil al introducir el mezquite para aprovechamiento forrajero. Su propagación data de 1947, cuando se introdujo una especie domesticada por completo, con paquetes tecnológicos para su cultivo e investigaciones de mejoramiento genético en marcha. De igual manera la *P. juliflora* fue introducida en Hawai y otras islas cercanas en 1828, habiéndose difundido rápidamente, de tal manera que se ha considerado como el árbol económicamente más valiosos de todos los introducidos en estas islas, debido a sus múltiples usos.

Los estudios que se han realizado en México para la domesticación del mezquite, garantizan la factibilidad de su propagación, ya sea como cultivo comercial de áreas marginales, en sistemas agroforestales o para incrementar la cantidad de los mezquites silvestres; en este último aspecto, varias instituciones han realizado pruebas exitosas a partir de la propagación en vivero y reforestación.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en el Altiplano potosino en los municipios de Matehuala, Cedral, Villa de Guadalupe, Charcas, Venado y Moctezuma (la selección de estos municipios se debió a una gran abundancia y aprovechamiento del recurso), y la ciudad de San Luis Potosí (Región centro), específicamente en el Instituto de Investigación de Zonas Desérticas (IIZD), esta consideración se debió que dentro del IIZD ha sido localizada la especie *P. laevigata*, objeto de la presente investigación. Asimismo la Región centro, comparte algunas características semejantes en cuanto a tipo de clima, temperatura y niveles de precipitación con el Altiplano. Los climas predominantes del área de estudio el semiseco templado (BS1 k) y el seco semicálido (BS h), una temperatura media anual de 18 °C y una precipitación pluvial media anual de 400 mm.

Generación de la ecuación predictiva

Cosecha de las vainas

El trabajo fue realizado durante el mes de septiembre de 2010 en el IIZD, mes del año en que la vaina se encuentra completamente madura. Se consideraron 6 árboles de mezquite, mismos que fueron seleccionados de manera completamente al azar. Posteriormente se midieron las características alométricas de diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura. Por último se realizó la recolecta manual de las vainas de cada individuo, mismas que fueron puestas a secar durante tres días para obtener su peso seco.

Análisis estadístico

El análisis estadístico de la variable de respuesta fue para un diseño de regresión lineal múltiple, mediante el procedimiento PROC STEPWISE de SAS (SAS, 1999).

El Modelo de regresión lineal múltiple es el siguiente

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + \varepsilon$$

$$Y = \beta_0 + \sum_{j=1}^k \beta_j X_{ij}$$

Donde:

Los β son los parámetros del modelo, se conocen como coeficientes de regresión. Su interpretación de los parámetros β es muy similar al caso de regresión lineal simple.

β_0 : ordenada al origen

β_j : mide el cambio esperado en Y por un cambio unitario en X_j

Estimación de la producción de vaina

Se consideró una hectárea por cada uno de los municipios seleccionados, en las cuales se determinó el número total de árboles existentes de la especie *P. laevigata* para la posterior estimación de la producción de vaina en kg de materia seca por hectárea utilizando la ecuación predictiva generada. Se consideraron 10 árboles de cada sitio de muestreo a los cuales se les realizó la medición del DAP y altura;

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de las variables alométricas medidas para generar el modelo de predicción de la producción de vaina de *P. laevigata* se muestran en el Cuadro 9. De él se desprenden los estadísticos que se presentan en el Cuadro 10, en el que se observa que la producción promedio por árbol fue de 31.83 kg, valores que coinciden por lo reportado por Ramírez y Villanueva en 1998, en donde se establecen producciones de 4 a 50 kg por árbol dentro del Altiplano potosino; y Villanueva *et al.*, (2004), donde se establecen rendimientos de 30 a 100 kg de fruto seco por árbol.

El modelo de predicción obtenido fue el siguiente: $Y = -58.95 + 169.39 x_1 + 4.16 x_2$, donde: Y = peso en kg de vaina seca, X1 = diámetro a la altura del pecho (DAP) y X2 = altura del árbol. En el Cuadro 11, se observa que el coeficiente de determinación (R²) fue de 92.69 con un error estándar de 5.93 por lo que se puede considerar aceptable lo cual se corrobora con la significancia obtenida en el análisis de varianza del modelo que fue igual a 0.0197. De las dos variables independientes, DAP, fue la que mostró mayor correlación con la producción de vaina y por ende mayor peso dentro del modelo ya que aportó un 88.80 % del total de la varianza.

De acuerdo con los valores mínimos y máximos de las variables en estudio (Cuadro 10) el modelo obtenido indica que existe un 92.69 % de seguridad en predecir la producción de vaina de mezquite de la especie *P. laevigata* que se encuentren entre 10.8 y 16.1 m de altura y entre 0.17 y 0.324 m de diámetro a la altura del pecho.

Cuadro 9. Variables alométricas utilizadas para obtener el modelo predictivo de producción de vaina de *P. laevigata* en el Altiplano potosino.

<i>Árbol</i>	<i>Diámetro a la altura del pecho(m)</i>	<i>Altura (m)</i>	<i>Producción de vaina(kg)</i>
1	0.188	11	25
2	0.17	11.75	16.8
3	0.324	13.6	52.5
4	0.191	10.8	11.7
5	0.212	13	35
6	0.256	16.1	50

Cuadro 10. Estadísticos de las variables de *P. laevigata*

<i>Variable</i>	<i>Media</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Rango</i>
Producción	31.83	17	11.7	52.5	40.8
Altura	12.71	1.99	10.8	16.1	5.3
Diámetro	0.223	0.057	0.17	0.324	0.154

Cuadro 11. Análisis de varianza para el modelo de regresión múltiple de *P. laevigata*

<i>Fuente</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grado de libertad</i>	<i>Cuadrado medio</i>	<i>Fc</i>	<i>Pv</i>
Modelo	1,339.68	2	669.84	19.04	0.0197
Error	105.53	3	35.18		
Total	1,445.21	5			

La densidad de árboles por hectárea de la especie *P. laevigata* dentro del Altiplano potosino, se estimó en 194 unidades, con un DAP y altura promedio de 0.192 m y 10.95 m respectivamente. El número de árboles por hectárea, se asemeja con lo reportado por López *et al.*, 2006, donde se estable una densidad de 200 árboles, no así la altura promedio la cual se estimó en 6.

En lo que respecta a la producción de vaina por hectárea de *P. laevigata*, se tiene una estimación promedio de 3.7 toneladas, valor que sobrepasa lo establecido por Maldonado y De la Garza (2000), donde se establece una producción de 0.2 a 2.2 ton/hectárea. Sin embargo el valor obtenido se asemeja a lo reportado por Ramírez y Villanueva en 1998, en donde se establecen producciones de 4 a 10 toneladas por hectárea de vaina en sitios bien manejados con precipitaciones promedio anuales entre 300 a 500 mm, ver Cuadro 12.

Cuadro 12. Producción estimada de vaina de *P. laevigata*.

Lugar	Número de árboles de <i>P.</i> <i>laevigata</i>	DAP promedio (m)	Altura promedio (m)	Producción estimada(kg materia seca)
Matehuala	215	0.213	12.05	5,856.82
Venado	187	0.193	11.03	3,667.37
Charcas	186	0.19	11.86	4,195.51
Villa de Guadalupe	201	0.18	9.67	2,362.35
Cedral	177	0.186	9.45	2,098.10
Moctezuma	197	0.189	11.67	4,254.57
Promedio	194	0.192	10.95	3,702.62

CONCLUSIONES

A pesar de la gran cantidad de investigaciones realizadas sobre el mezquite no se encontraron estudios sobre la estimación de la producción de vaina de mezquite de la especie *P. laevigata* por métodos predictivos. En el desarrollo del modelo de predicción de la producción de vaina obtenido en este estudio participaron las características alométricas diámetro a la altura del pecho (DAP) y altura de los arboles, siendo la variable DAP, la que presentó mayor correlación con la producción. El modelo obtenido puede ser aplicado con un 92.69 % de confianza para predecir la producción de un árbol de mezquite de la especie *P. laevigata* dentro del Altiplano potosino, con tan sólo medir el DAP y la altura de los mismos.

La producción de vaina de mezquite de *P. laevigata* en la región del Altiplano potosino es considerada como buena dada las condiciones climáticas adversas imperantes en la región (bajos niveles de precipitación y altas temperaturas), esta información es importante para la toma de decisiones debido a que las vainas de mezquite constituyen una importante fuente de alimento para el ganado durante la época de escases de forraje (cerca del 50%), permitiendo en la mayoría de los casos una disminución en los costos de manutención y mantenimiento de los animales.

LITERATURA CITADA

- Granados, D. (1996). El mezquite: el árbol de desierto. *Chapingo, serie Ciencias Ambientales, vol II (1)*: 37-51 p.
- Iglesias, M. y Barchuk, A. (2010). Estimación de la biomasa aérea de seis leguminosas leñosas del Chaco Árido (Argentina). *Ecol, Austral, vol. 1 (20)*:71-79 p.
- López Franco, Y., Goycoolea, F., Valdez, M., y Calderón, A. 2006. "Goma de mezquite una alternativa de uso industrial". *Interciencia, vol.31 (003)*:183-189 p.
- Maldonado, L. y De la Garza P. (2000).El Mezquite en México: Rasgos de Importancia Productiva y Necesidades de Desarrollo. En: *El Mezquite Árbol de Usos Múltiples*. Frías, J., Olalde, V, y Vernon, E. Editorial Universidad de Guanajuato, México. 37-50 p.
- Meraz, S., Orozco, J., Lechuga, J., Cruz, F., y Vernon, J. (1998). El mezquite, árbol de gran utilidad. *Ciencias, vol. 1(51)*: 20-21 p.
- Ramírez, J. y Villanueva, J. (1998). Selección y manejo de material reproductivo de mezquite (*Prosopis spp.*). Folleto técnico número 9. INIFAP. 20 p.
- SAS. Institute, Inc. (1999). SAS User's Guide: Statistics, Statical version 8. Cary North Carolina. 956 p.
- Serrato., R., y Quiroz N. (2001). Modelo de predicción para producción de mezquite (*Prosopis glandulosa*) en la Comarca Lagunera. *Memoria XIII Semana Internacional de Agronomía FAZ-UJED*. Universidad Juárez del estado de Durango. Durango, México. Septiembre 2001. 124-129 p.
- Villanueva, D., Jasso I., González G., Sánchez, I. y Potisek T. (2004). El mezquite en la Comarca Lagunera. Alternativas de producción integral para ecosistemas semidesérticos. Folleto Científico No. 14. CENID-RASPA. INIFAP. 35 p.

CONCLUSIONES GENERALES

Se concluye que la vaina de mezquite es un recurso natural que sigue siendo ampliamente importante para los habitantes del Altiplano potosino, en lo que respecta a la vaina, esta cumple una función importante dentro del desarrollo de las actividades pecuarias en el periodo de estiaje, ya que ante la falta de forraje y dinero para la compra de insumos, la vaina dadas sus características de considerable contenido de carbohidratos y proteína, y bajos niveles de FDA representa una buena opción para ofrecerse al ganado durante la época de estiaje, minimizando con ello los gastos de mantenimiento de los productores de bajo recursos al sustituir hasta el 50% de la dieta diaria del ganado. Así mismo, de acuerdo a las estimaciones obtenidas la producción de vaina de mezquite de la especie *P. laevigata* en la región puede ser considerada como buena dada las condiciones climáticas adversas imperantes en la región.

De acuerdo a la caracterización química y morfológica realizada, se distinguieron tres variantes (A, B y C) de *P. laevigata*. Los valores nutrimentales obtenidos nos indican que es un alimento comparable con subproductos agroindustriales utilizados como suplemento forrajero. Así mismo la especie en sus tres variantes analizadas contiene un porcentaje de proteína y carbohidratos mayor que algunos de los alimentos ofrecidos por los productores ganaderos del Altiplano potosino a su ganado.

La variante B fue la que presentó los mejores resultados ($P < 0.05$) con un mayor contenido de proteína, un considerable contenido de carbohidratos, así como valores bajos de contenido de FDA, por lo que podría ser más digestible por los rumiantes.

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionario para conocer el uso de la vaina de mezquite dentro de las zonas rurales del Altiplano potosino.

Nota: El presente cuestionario sirvió de base para obtener información que fue utilizada única y exclusivamente para fines de investigación. La información aquí reportada es absolutamente confidencial.

Cuestionario

Fecha: _____

Número de cuestionario: _____

I) Información socioeconómica

Nombre:

Domicilio: calle y número

Comunidad:

Edad: _____

- 1.- ¿Cuál es su grado de escolaridad?
- 2.- ¿Cuántos años lleva dedicándose a las actividades pecuarias?
- 3.- ¿Cuántas personas dependen de esta actividad en su familia?
- 4.- ¿Cuál es la dependencia económica a esta actividad?
 - a) Total (Única fuente de ingresos)
 - b) Complementaria
 - c) Baja o escasa
- 5.- ¿Cuál es su fuente principal de ingresos?
6. ¿Cuáles son sus ingresos promedio mensuales?
- 7.- ¿Cuál es el objetivo de su producción?

- a) Doble propósito
- b) Cabrito
- c) Leche
- d) Carne
- e) Huevo
- f) Otro, especifique

8.- ¿Cuál es el destino de la producción que genera; leche, carne, huevo, etc?

- a) Autoconsumo
- b) Venta
- c) Ambos
- d) Fiestas

II) Información de la unidad de producción

1 ¿Cuál es el número de animales con los que cuenta? Y su raza

Animal	Bovinos	Toros	Caprinos	Cerdos	Equinos	Ovinos	Aves	Burros
Raza								
Total								

2.- ¿Qué instalaciones tiene su unidad de producción?

Instalaciones	Material	Equipo	Material
Corral de manejo		Comederos	
Corral de ordeña		Saladeros	
Bebederos		Pozo	
Silos		Otros	

III) Manejo zootécnico

1.- ¿Cual es la fuente principal de la alimentación de su ganado?

- a) Agostadero
- b) Alimento comercial
- c) Esquilmos agrícolas

En caso de consumir esquilmos agrícolas, ¿En qué meses del año y cuáles son?

2.- ¿Ofrece alimentación complementaria al ganado?

- a) Si
- b) No

De qué tipo:

- a) Mineral, ¿Cada cuanto?
- b) Energética, ¿Cada cuando?
- c) Proteica, ¿Cada cuando?

3.- ¿A qué animales se les proporciona?

4.- ¿Cuánto es su promedio en producción de leche, huevo, etc., por animal diario?

IV) Sanidad y asistencia técnica

1.- ¿Contra qué enfermedades vacuna y con qué periodicidad lo hace?

2.- ¿Desparasita al ganado?

- a) Si, ¿Con que periodicidad y contra que parásitos?
- b) No

3.- ¿Cuáles son las enfermedades más comunes en el ganado?

4.- ¿Cuántos animales se le mueren por año en promedio por especie?

5.- ¿Recibe asistencia técnica para la cría y mantenimiento de sus animales?

- a) Si
- b) No

6.- En caso de ser si, ¿De quien recibió la asistencia técnica?

- a) Institución de gobierno
- b) Veterinario particular
- c) Otro, especifique

7.- ¿Con que frecuencia recibe asistencia técnica?

- a) Una vez por semana
- b) Una vez por quincena
- c) Una vez por mes

d) Ocasionalmente

8.- ¿En qué aspectos es asesorado?

- a) Comercialización
- b) Reproducción y genética
- c) Nutrición
- d) Otro, especifique

V) Uso del mezquite

1.- ¿Conoce usted el árbol de mezquite?

- a) Si
- b) No

2. ¿Utiliza o ha utilizado alguna vez la vaina de mezquite u otra de sus partes?

- a) Si, ¿Cuál o cuáles partes?
- b) No

Si la respuesta es sí continúe con el cuestionario, si es no gracias.

3.- ¿Para qué propósito?

- a) Consumo personal
- b) Alimentación animal
- c) Venta
- d) Otro

4.- ¿Desde hace cuanto tiempo utiliza la vaina o alguna otra parte del árbol de mezquite?

5.- ¿Cómo adquirió usted conocimiento acerca del uso de la vaina u alguna otra parte del mezquite?

6. ¿En caso de haber utilizado la vaina o alguna otra parte del árbol de mezquite en años anteriores, ¿Por cuánto tiempo la utilizó? y ¿Por qué motivos dejó de usarla?

Consumo humano

7.- ¿En caso de utilizar la vaina de mezquite para consumo personal, en que forma la aprovecha?

- a) Elaboración de pan
- b) Como fruta de mesa
- c) Elaboración de algún tipo de bebida (atole, alcohol, etc.)

d) Otro

8.- ¿Que parte de la vaina utiliza para la preparación de lo anterior?

9.- ¿Brinda usted algún tipo de tratamiento previo a la vaina antes de su utilización?

10.- ¿Cuáles coloraciones o variantes de la vaina de mezquite son los que utiliza para la elaboración de lo anterior? y ¿Por qué razón?

11.- ¿Ha llegado a encontrar alguna relación entre la coloración de la vaina y su dulzura?

a) Si, ¿Cuál?

b) No

12. ¿Recolecta la vaina de mezquite o la compra?

13.- En caso de recolectarla. ¿Durante cuales meses la recolecta?

14.- ¿Cuántos kg de vaina de mezquite recolecta en promedio por árbol?

15.- ¿Durante que meses utiliza la vaina de mezquite que recolecta?

Alimentación animal

16.- ¿En caso de utilizar la vaina de mezquite para alimentación animal, en que forma la aprovecha?

a) La vaina sola

b) La vaina mezclada con otros productos

c) Otra, especifique

17.- ¿Que parte de la vaina utiliza para lo anterior?

18.- ¿Brinda usted algún tipo de tratamiento previo a la vaina antes de su utilización?

19.- ¿Cuáles coloraciones o variantes de a vaina de mezquite son los que utiliza para la alimentación animal? y ¿Por qué razón?

20 ¿A cuales animales les brinda la vaina de mezquite como alimento? y ¿Cuántos kg de vaina de mezquite usa en promedio para alimentarlos?

a) Vacas

b) Borregos

c) Cabras

- d) Cerdos
- e) Pollos
- f) Caballos
- g) Toros

21.- ¿Durante que meses se lo proporciona al ganado?

22. ¿Recolecta la vaina de mezquite o la compra?

23.- En caso de recolectarla. ¿Durante cuales meses la recolecta?

24.- ¿Cuántos kg de vaina de mezquite recolecta en promedio por árbol?

Venta

25.- En caso de utilizar la vaina de mezquite para su venta. ¿Cuál es la variante o coloración que usted recolecta y porque?

26.- ¿En cuánto vende el kg de vaina de mezquite en promedio y en donde la vende?

27.- ¿Durante cuales meses la recolecta?

28.- ¿Cuántos kg de vaina de mezquite recolecta en promedio por árbol?

Aspectos generales

26.- ¿Ha plantado usted alguna vez un árbol de mezquite?

- a) Si
- b) No

¿Por qué?

29.- ¿Brinda algún tipo de cuidado a los árboles de mezquite que utiliza?

- a) Si, ¿Cuál?
- b) No

30.- ¿Todos los años recolecta vaina en los mismos árboles?

31.- ¿Cómo considera usted la importancia del mezquite para su comunidad?

- a) Alta
- b) Media

c) Baja

¿Por qué?

32.- ¿Cuál característica del árbol de mezquite conoce?

33.- ¿Ha recibido alguna vez información acerca del mezquite?

a) Si, ¿Cuál?

b) No

34.- ¿Conoce usted a los cuantos años inicia la producción de vaina el árbol de mezquite?

35.- ¿Cuántos años estima que produce un árbol de mezquite?