

**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISION DE CIENCIA ANIMAL**



“Digestibilidad *in vitro* de dos variedades de mezquite (*Prosopis glandulosa* Var. Glandulosa, Var. Torreyana).

Por:

CALIXTO GOMEZ VAZQUEZ

TESIS:

**Presentada como requisito parcial
para obtener el título de:**

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, mayo del 2003.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”

DIVISION DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

**“Digestibilidad *in vitro* de dos variedades de mezquite (*Prosopis glandulosa*,
Var. Glandulosa, Var. Torreyana).**

Por:

Calixto Gómez Vázquez

TESIS

Que se somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial
para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA

EL PRESIDENTE DEL JURADO

Ph. D. Jesús M. Fuentes Rodríguez.

SINODAL

SINODAL

M. C. Lorenzo Suárez García.

Ing. José R. Peña Oranday

COORDINADOR DE LA DIVISION
CIENCIA ANIMAL

Ing. José R. Peña Oranday.

Buenavista, Saltillo, Coahuila., México, mayo del 2003.

DEDICATORIA

Al ser supremo que me ayudo a ser y saber como soy y me permitió saber donde estoy, que me dio la fuerza de aceptar las cosas que no puedo cambiar y el valor de cambiar las que si pueden ser cambiadas, al que nos enseña la perfección de los organismos animales y vegetales, la magnificencia del mundo microscópico, el cerebro humano, los ecosistemas; el universo todo, al que nos demuestra la existencia de un creador “científico infinitamente inteligente y poderoso “**DIOS**”.

A los que me han visto nacer y crecer, que me conocen mejor de lo que creo, que son capaces de ver en mi debilidades y fuerzas que aun ignoro, a los que debo confiar y amar, no por sus cualidades si no porque son míos. A los que me dieron libertad y autonomía permitiendo que la ley de causa y efecto se cumpla libremente, a los que me dieron la mejor de las herencias que muchos anhelan y por enseñarme lo que soy. **A mis padres: MANUEL Y ANGELA.**

A mis Hermanos:

José

Bartolomé

Agustín

Dionisio

José del Carmen

Maria Imelda

Andrés

Juan Melchor

Maria Isabel

Martha Elena

Que es lo mas valioso que se puede poseer una familia donde con ellos se comparte intenciones y sentimientos mutuos, en donde con ellos no se puede fingir, en donde no hay secretos ni estrategias unilaterales, en donde no se trata de una guerra de manipulaciones si no un encuentro de amor en el Amor.

A mis hermanos.

Dominga(+), Joaquín(+) y Francisca (+) que no tuve la dicha de conocerlos pero que pese a las adversidades se encuentran con nosotros.

A mi cuñado, cuñadas y sobrinos.

Que para la escena de la búsqueda de la superación, del conocimiento, del éxito, ellos también fueron protagonistas, para alcanzar lo planeado.

AGRADECIMIENTO:

A mi Alma Mater, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por haberme abierto las puertas del conocimiento, los valores, la fuerza de carácter, para después tener algo que dar.

Al Dr. Jesús M. Fuentes Rodríguez por haberme dado la oportunidad de acercarme a él, de brindarme su amistad y por apoyarme a subir un peldaño más del rascacielos del éxito y más que nada como mi maestro, amigo e intelecto de esta obra.

Al M.C. Lorenzo Suárez García por el respeto que se merece, su noble colaboración y la paciencia que tuvo para guiarme en la elaboración de este trabajo, como maestro y amigo durante mi proceso de formación.

Al Ing. Rodolfo Peña Oranday por ser una persona amable conmigo, por el respeto que se merece, por la participación en la revisión de este trabajo, como maestro y amigo durante mi proceso de formación académica.

A la Lic. Laura Marisela Lara López por darme la oportunidad de brindarme su amistad y por ser una persona más de los que colaboraron con mucho entusiasmo para ser posible este trabajo.

A la familia Gaytan De León; (Don Manuel, Doña Alejandra, Juan Manuel, Susy, Miguel, Idalia, Oscar y Elvia). Por recibirme como un integrante más de la familia y algo muy importante la amistad sincera que me brindaron a un con nuestras diferencias culturales.

Al Ing. Andrés, Ing. Modesto, Juan Melchor, por haber tenido la paciencia de convivir juntos, estando lejos de nuestros seres queridos, a pesar con nuestras carencias y bondades.

A mi hermano Bartolomé, con mucho respeto, que es una persona de confianza para mí con quien conté, económica y moralmente durante mi proceso de formación .

A mi hermano Dionisio que pese a la indiferencia hacia la familia, fue parte importante de alcanzar lo prometido.

A mi hermano José del Carmen, mi hermano de confianza quien estuvo conmigo en todo momento y con sus buenos consejos, puede hacer realidad tan ansiado sueño.

A mis hermanitas; Maria Imelda, Chabelita y Martita, quienes en todo momento me apoyaron para seguir adelante y siempre estuvieron conmigo, con el cariño de siempre.

A mis Padres, por desearme lo mejor y porque hay parte de mi en ellos y hay parte de ellos en mí.

A mis compañeros de la generación XCIV, por haber tenido la oportunidad de conocernos de convivir con ellos tiempos de juventud y más que convivir, nos ofrecimos amistad en donde nos sentimos apoyados y en familia. Gracias y les deseo prepararse continuamente y de estar al mismo tiempo en la búsqueda incesante de oportunidades (éxito).

Resumen.

El objetivo de este trabajo fue determinar la digestibilidad *in vitro* de dos variedades de mezquite (Variedad *glandulosa* y Variedad *torreyana*). a diferentes tiempos (0, 3, 6, 12, 24, 48 hrs. de incubación), consiste en una incubación con líquido ruminal durante los diferentes tiempos a una temperatura de 39° C., utilizando el incubador DAISY. El análisis utilizado fue un diseño completamente al azar con arreglo factorial (Variedad de mezquite y Tiempo).

Los valores de la digestibilidad de la MS, de la variedad *glandulosa* a las cero horas fueron 32.53 %, a las 3 hrs. 51.75 %, a las 6 hrs. 53.61 %, a las 12 hrs. 57.86 %, a las 24 hrs. 65.27 % y a las 48 hrs. 67.82 % y para la variedad *torreyana*, los valores de digestibilidad fueron a las cero horas 30.54 %, a las 3 hrs. 53.25 %, a las 6 hrs. 54.91 %, a las 12 hrs. 66.88 %, a las 24 hrs. 74.04 % y a las 48 hrs. 77.08 %. En cuanto al análisis proximal determinado para la Variedad *glandulosa*, se encontró que contiene el 49.10 % de Carbohidratos, el 16.95 % de Proteína Cruda, el 3.62 % de Grasas, el 24.20 % de Fibra, el 6.13 % de Cenizas, mientras que para la Variedad *torreyana* los valores encontrados fueron 51 % de Carbohidratos, 16.70 % de Proteína Cruda, 2.52 % de Grasas, 26.15 de Fibra, 3.63 % de Cenizas.

Palabras Claves: *Prosopis glandulosa*, digestibilidad *in vitro*, *Var. Glandulosa* *Var. torreyana*.

CONTENIDO

Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	
Resumen.....	vi
Índice de cuadros	x
Índice de figuras.....	xi
I.- INTRODUCCION.....	1
1.1 Justificación	3
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Objetivos.....	5
1.4 Hipótesis.....	5
II.- REVISIÓN DE LITERATURA (Contenido).....	6
2.1 Clasificación Taxonómica del Género <i>Prosopis glandulosa</i>	6
2.2 Origen y distribución del Género <i>Prosopis</i>	6
2.3 Descripción Botánica del Género <i>Prosopis</i>	8
2.4 Características Botánicas Generales (<i>Prosopis glandulosa</i>) y su distribución.....	12
2.6 Valor y usos del mezquite.....	15

2.7 Formas de aprovechamiento del mezquite.....	17
2.7.1 Uso forrajero.....	17
2.7.2 El género <i>Prosopis</i> y su potencial de mejorar la producción ganadera en regiones áridas y semiáridas.....	18
2.7.3 Aprovechamientos Forestales.....	19
2.7.4 Mezquite en la alimentación Humana.....	21
2.7.5 Mezquite en la medicina tradicional.....	22
2.7.6 Otros Usos (<i>prosopis spp</i>).....	23
2.8 Digestibilidad.....	24
2.9 Ecosistema Microbiano del rumen.....	24
2.10 Factores Estructurales de la pared Celular del forraje que afecta la digestibilidad.....	27
2.10.1 Generalidades sobre la pared celular.....	28
2.10.2 Fibra Detergente y Fibra Dietaria.....	28
2.10.3 Estructura y Digestibilidad de la Pared Celular.....	29
2.10.4 Técnica <i>in vitro</i>	30
III.- MATERIALES Y METODOS.....	31
3.1 Descripción del sitio Experimental.....	31
3.2 Localización del área de estudio.....	32
3.3 Identificación de la muestra.....	32

3.4 Digestibilidad <i>in vitro</i> usando el incubador DAISY.....	33
3.4.1 preparación de la muestra.....	33
3.4.2 Preparación de la Solución Buffer.....	34
3.4.3 Obtención del liquido Ruminal.....	35
3.4.4 Preparación del Inoculo e Incubación.....	35
3.4.5 Análisis proximal	38
3.4.6 Análisis estadístico	38
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
V.- CONCLUSIONES.....	46
VI.- LITERATURA CITADA.....	47

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición Química de diversas partes de mezquite.....	11
Cuadro 2. Análisis químico proximal promedio de frutos de diferentes especies de <i>Prosopis</i> de acuerdo a varios autores	12
Cuadro 3. Digestibilidad de la MS de las vainas de mezquite Variedad <i>Glandulosa</i> (%) y Variedad <i>torreyana</i> (%).....	40
Cuadro 4. Comparación de medias de digestibilidad para el factor Variedad usando la Prueba de Tukey	42
Cuadro 5. Comparación de medias de digestibilidad para el factor tiempo de incubación, usando la prueba de Tukey	43
Cuadro 6. Comparación de medias de digestibilidad para el factor variedad X tiempo de incubación usando la prueba de Tukey	44
Cuadro 7. Análisis Bromatológico Variedad <i>Glandulosa</i> y Variedad <i>torreyana</i>	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Dispersión del género <i>prosopis</i> en los continentes.....	7
Figura 2. Compuestos que contiene <i>Prosopis spp</i>	9
Figura 3. Características Botánicas de <i>Prosopis glandulosa</i>	13
Figura 4. Distribución de la <i>Var. glandulosa y torreyana</i> en el Norteamérica1.....	4
Figura 5. Correlación de la Digestibilidad entre Variedad y Tiempo.....	45

I.- INTRODUCCIÓN

La mayoría del territorio norte de la República Mexicana está conformado por zonas áridas o semiáridas. Las regiones áridas se definen como todas aquellas regiones cuyo abastecimiento de agua en forma natural es deficiente; su precipitación media y su humedad atmosférica suelen ofrecer valores muy por debajo del promedio mundial. Accidentes naturales, como son las grandes cadenas montañosas, como es el caso de las Sierras Madre Occidental y Oriental en México, cuya colocación es perpendicular a la dirección de los vientos húmedos provenientes del mar, provocando el efecto "sombra orográfica" y causa la aridez de la vertiente del sotavento y de llanuras y depresiones situadas a ese lado. La delimitación de las zonas áridas se fundamenta en criterios climáticos, pero las formas vegetales xeromórficas adaptadas a estas condiciones ambientales complementan la caracterización del paisaje árido (Alanís,2000) .

La vegetación de las partes áridas de México esta formada por diversos tipos de matorrales de bajo porte, hasta matorrales altos; dentro de las variantes de vegetación de clima árido, hay comunidades de plantas que dan la impresión de ser bosquetes. La presencia y abundancia de formas arbóreas esta correlacionado con una aridez menos manifiesta o condiciones edáficas más favorables. Los mezquiales (*Prosopis* spp.) como especie arbórea y como matorrales puros son ya

escasos en México, desafortunadamente la presión atópica ha ocasionado un fuerte impacto negativo sobre estas comunidades, la especie *Prosopis glandulosa* "mezquite" ha estado ligado a las culturas del desierto en México desde épocas precolombinas.(Alanis, 2000).

Durante los pasados siglos, probablemente ninguna planta ha jugado un papel tan grande y vital en la vida de los humanos asentados en el suroeste de los Estados Unidos y en el norte de México, como el mezquite, árbol de corta estatura y torcido. Aprovechado para un sin número de necesidades tales como la comida, armas, techo y medicina, los primeros pobladores aborígenes del suroeste usaban al mezquite en cada aspecto de sus vidas, inclusive para el puesto de honor en sus ceremonias religiosas. Durante las épocas de sequía y peste de los primeros viajeros y colonos del oeste, el mezquite les proveía de sobrevivencia, tanto en alimentos como en cobijo, ya que se utilizaban la mayoría de las partes del árbol (Vargas, 2002).

Los mezquites constituyen parte importante de la flora nacional, alcanzando inclusive carácter predominante en ciertas regiones; han estado ligados con la vida del campesino mexicano desde tiempos remotos.

Sometido a una acción antropogénica irracional desde la conquista española que ha deteriorado notablemente sus poblaciones naturales, el genero *Prosopis* continúa revistiendo gran importancia en las cadenas tróficas de los ecosistemas donde se

distribuye, sirviendo de alimento y resguardo de la fauna silvestre, como estabilizador del suelo y protector de las cuencas hidrográficas. Sin embargo, como el resto de las especies de flora silvestre propias de estas regiones, no se le ha concedido la importancia que como alternativa de desarrollo tienen (Maldonado, *et al.* 2000).

Justificación

En la actualidad la producción de forrajes se justifica con proporcionar alimentos de mayor valor nutritivo por lo que el hombre se ha visto obligado a buscar formas de alimentar al ganado caprino, ovino y bovino, mejorando el valor nutritivo de los forrajes recurriendo a la técnica de investigación pecuaria.

Por lo tanto es necesario el aprovechamiento de los recursos naturales de la zonas áridas y semiáridas del norte de México la cuál cuenta con una vegetación por diversos tipos de matorrales de bajo porte, hasta matorrales altos. Por lo que se necesita una mayor investigación para encontrar forrajes de alto valor nutritivo que pudieran sustituir en parte a los forrajes convencionales sobre todo en época críticas de sequía o invernales que frecuentemente abaten estas zonas.

Antecedentes

Los mezquites son plantas arbóreas o arbustivas distribuidas en las zonas áridas, semiáridas y subtropicales de diferentes regiones de la superficie continental . pertenecen a la familia *Leguminosae*, subfamilia *Mimosoideae* y al género *Prosopis* (Frías *et al.* 2000).

El género *Prosopis* tiene cerca de 44 diversas especies que crecen en Norteamérica, América del sur, Australia, Norte de África y el este de Asia , los mesquites llevan una variedad de características altamente beneficiosas. Sus aplicaciones son numerosas; sirven como fuente del alimento, de madera e incluso de la medicina. (Gibson, 2001).

El mezquite constituye parte importante de la flora nacional, alcanzando inclusive un carácter predominante en las zonas áridas y semiáridas, representadas por 796 866.4 kilómetros cuadrados en 18 estados de la República (Benavides,1989 y Morales y Ruiz ,1994); junto con el huizache, la gobernadora y la lechuguilla llegan a formar grandes aglomeraciones de plantas, que dan a la región un paisaje de color cenizo en los llamados chaparrales (Morales y Ruiz 1994).

Objetivos

- ✓ Determinar la digestibilidad *In Vitro* de dos variedades de mezquite, (Var. *Torreyana* y Var. *Glandulosa*).
- ✓ Determinar en que tiempo son más digestibles las dos variedades en estudio.
- ✓ Determinar el análisis químico de estas dos variedades de mezquite.

Hipótesis

1. Las dos variedades en estudio tienen diferente digestibilidad
2. A mayor tiempo en el rumen del animal se espera una mayor digestibilidad

II.-REVISION DE LITERATURA

Clasificación taxonómica del genero *Prosopis Glandulosa*

Familia: *Leguminosae*

Subfamilia: *Mimosoideae*

Género: *Prosopis*

Especie: *Glandulosa*

Variedad: *Glandulosa y Torreyana*

Nombre Común: Mezquite.

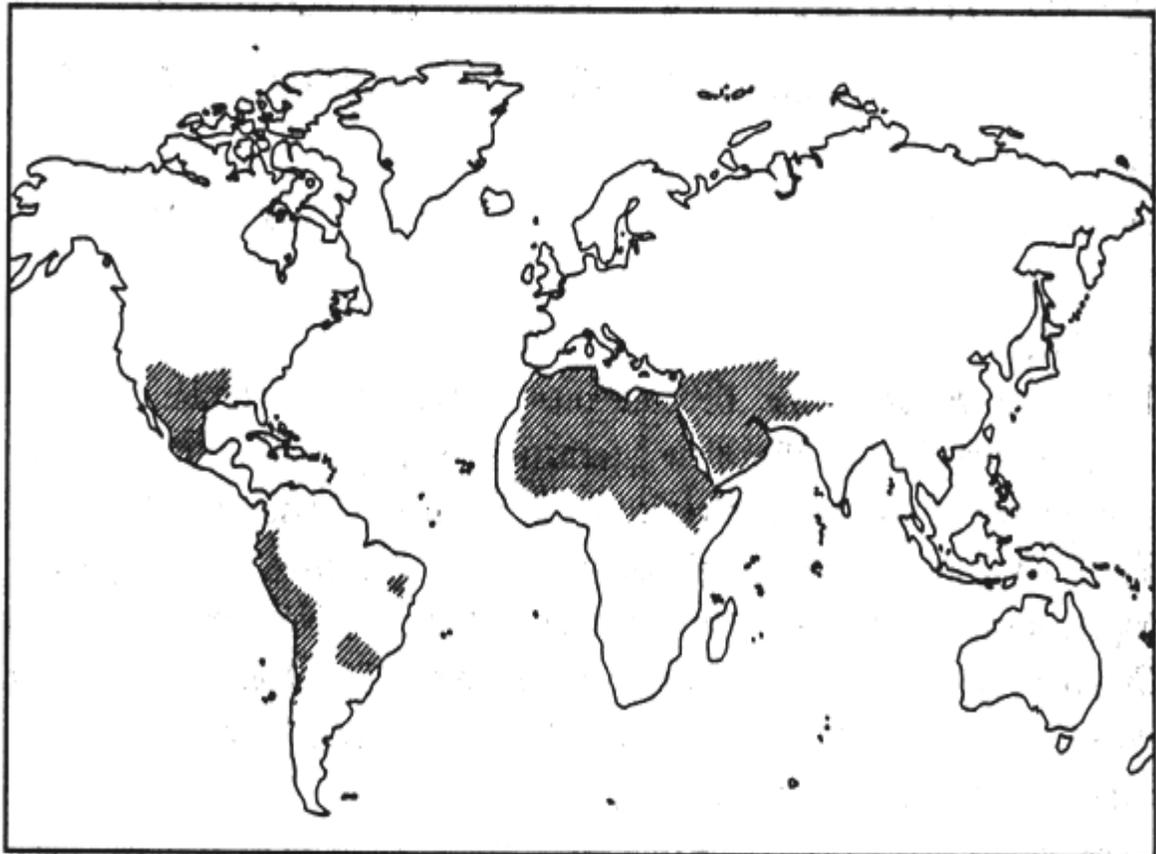
(Frías *et al.* 2000).

Origen y distribución del Genero *Prosopis*

La distribución del mezquite en el mundo es amplia, su origen se atribuye a dos centros principalmente; África y América (Burkart, 1976). Se encuentra en las regiones áridas y semiáridas de América (México y E. U.). Asia y África . En México, el mezquite es un recurso biótico de amplia distribución geográfica y ecológica, se localiza desde el centro del país hasta la frontera con Estados Unidos de América (Galindo y García, 1984).

El género *Prosopis* incluye 44 especies, nueve de las cuales se encuentran en México (Rzedowski, 1988). El género se utiliza para una variedad de propósitos y tiene una tradición larga del uso en las zonas áridas y semiáridas en donde crece. Sin embargo, el uso erróneo de este recurso está causando la tala de árboles y pérdida irreversible de diversidad genética.

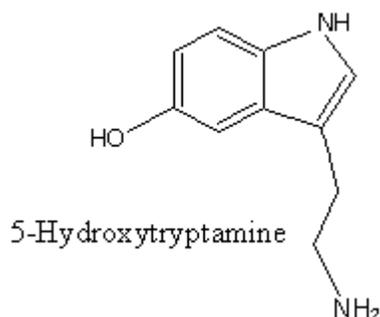
Figura 1. Dispersión del género *Prosopis* en los continentes.(Riveros S/F).



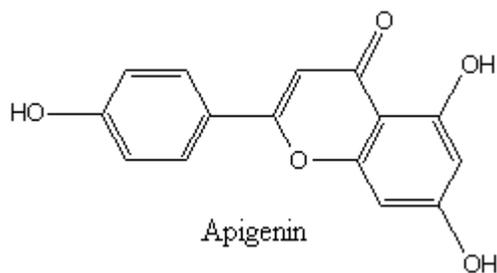
Descripción Botánica del Género *prosopis*

Conzatti (1902) describe al género *prosopis* como árboles o arbustos a veces inermes, pero con más frecuencia armados de espinas axilares, solitarias o geminadas. Tienen hojas bipinnadas, provistas a menudo de pequeñas glándulas peciolares y compuestas por lo general de una o dos pínulas con escasas o numerosas hojuelas apareadas; las estipulas, cuando existen, son pequeñas o espinosas. Sus flores, pequeñas, pentámeras y de ordinario sésiles, están dispuestas en espigas cilíndricas o globulosas, llevadas sobre pedúnculos axilares. Cáliz campanulado ligeramente dentado; pétalo valvados, libres o soldados en mitad inferior; 10 estambres libres y salientes, de anteras coronadas por una gran glándula decidua, que pocas veces falta; ovario estipitado o sésil, pluri-ovulado, con estilo filiforme, de pequeño estigma terminal; legumbre lineal, rolliza o grueso comprimida, recta, en forma de hoz o diversamente retorcida, coriácea e indehiscente, de exocarpio coriáceo o delgado, mesocarpio grueso y esponjoso, delgado o endurecido, y endocarpio cartológico o apergaminado, continuó con los tabiques ínter seminales o sirviendo de envoltura a las semillas; a veces, sin embargo, no hay tabiques entre una semillas y otra, y entonces la legumbre se presenta continua en su interior; las semillas comúnmente ovaladas y comprimidas.

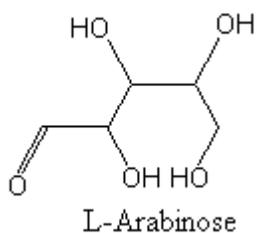
Figura. 2 Compuestos que contiene *prosopis* spp (Gibson, 2001).



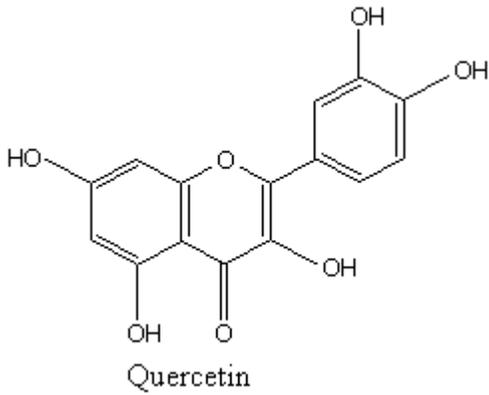
5-Hydroxytryptamine
Encontrado en la planta. Tiene actividad de antidepresivo.



Apigenin
Encontrado en la planta. Tiene actividad , antialergénico antibacteriana, antidermático, antiinflamatorio y antiviral.

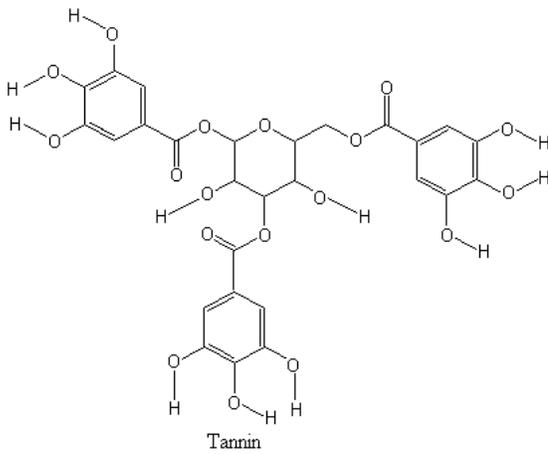


L-Arabinosa
Encontrado en la planta. No tiene ninguna actividad biológica divulgada, sino marca las vainas como una buena fuente de azúcar.



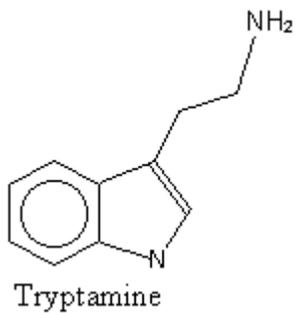
Quercetin

Encontrado en la planta. Tiene actividad como analgesico, antialergico, anti-bacteriana, anti-diabética, antiinflamatoria y antivirus.



Tanino

Encontrado en la corteza (6.000-84.000 PPM), la raíz (67.000 PPM) y la madera (9.000 PPM). Tiene actividad anti-bacteriano, antidiarreico y antivirus.



Tryptamine

Encontrado en la planta. Tiene actividad antiamebico.

Cuadro 1. Composición química de diversas partes del mezquite (g/100g) (Barros, 1994).

muestra	Carbohidratos	Proteína Bruta	Fibra Bruta	Triglicéridos	Cenizas
Hojas con					
Tallo	46.9	14.0	30.8	2.7	5.6
Hojas	43.0	19.5	26.9	4.8	5.8
Flores	40.9	25.1	22.5	4.3	7.2
Vainas	43.7	24.8	23.5	2.3	5.7

Análisis Químico Proximal de Frutos de Diferentes Especies de *Prosopis*.

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

En general los contenidos de proteína son altos comparados con los de algunas gramíneas como trigo y maíz (10%) (Del Valle *et al.* 1989).

Cuadro. 2 Análisis Químico Proximal promedio de frutos de diferentes Especies de *Prosopis*(Becker *et al.* 1984, Del Valle *et al.* 1988, Marangoni y Alli, 1988).

	<i>P. juliflora</i>	<i>P. Glandulosa</i>	<i>P. Velutina</i>	<i>P. Pubescens</i>	<i>P. laevigata</i>
Humedad	ND* ND**	2.2-7.5	1.6-4.3	5.9	3
Carbohidratos	75.2-0.38	26-34	13-28	25	52
Proteína	15.58-3.35	11-14	11-17	11	12
Fibra	21.91-4.73	20-22	19-31	17	25
Grasas	4.89-2.87	ND	ND	ND	5
Cenizas	4.31-3.40	3.3-3.4	3.1-4.8	3.8	3

ND= no determinado: * Muestras de Brasil: ** Suroeste de Estados Unidos.

Características Botánicas Generales (*prosopis glandulosa*) y su distribución.

El mezquite de la miel es un arbusto de hojas caducas, espinoso o un árbol pequeño que exhibe un alto grado de variación en forma del crecimiento. Las tres formas más comunes son: 1) un árbol proveniente de 20 a 40 pies que alcanzan 6-12 mts. en altura, con ramas torcidos, que se inclinan, 2) un arbusto erguido, múltiple-provenido o un árbol pequeño, a menudo 10 a 15 pies 3-4,6 mts. de altura, y 3) un arbusto recostado o corriente encontrado en los suelos arenosos profundos . Los árboles más grandes se encuentran a menudo a lo largo de cursos de agua donde el

sistema profundo de la raíz tiene acceso al agua a lo largo de todo el año . Todos los mezquites tienen una tendencia fuerte para la dominación apical y una corona bien desarrollada . Las espinas pueden ser 1 a 2 pulgadas (2,5-5 centímetros) de largo y ocurrir generalmente solo en las ramas jóvenes. Las vainas aplanadas, rectas, o curvadas de 4 a 8 pulgadas (10-20 centímetro) de largo y ocurren en los racimos que se inclinan . Las semillas son ovales, 0,2 pulgadas (5 milímetros) de par en par, 0,28 pulgadas (7 milímetros) de largo. (Steinber, 2001).

Figura 3. Características Botánicas de *Prosopis glandulosa*

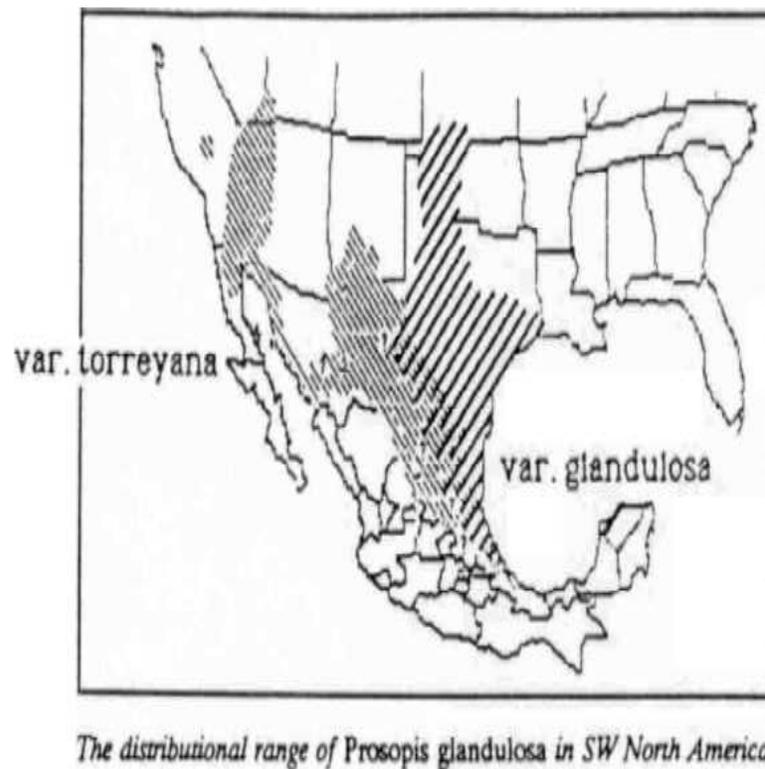


La tendencia de formar espinas es ayudar a hacer el crecimiento denso impenetrable, el color de la flor es de un color amarillo discreto y no llamativo, el florecimiento en verano, la corteza rojiza es áspera y agrietada (Gilman y Watson, 1994).

Nombres comunes: (Mezquite de la miel, Mezquite occidental de la miel).

El mezquite de la miel (*Prosopis Glandulosa*) se distribuye de California al Este de Kansas y al sur de Luisiana, Nuevo León y Baja California (Steinberg, 2001).

Figura 4. Distribución de la *Var. glandulosa* y *Torreyana* en Norteamérica



Es una de las especies de mezquite más ampliamente distribuida en México. De esta especie se conocen la variedad típica *glandulosa* que se distribuye en Texas y en el Noreste de México y la variedad *Torreyana* que concentra su distribución hacia la porción Noroeste en la costa del Pacífico; esta variedad es la más agresiva y mayormente combatida en las áreas de pastizal (*Maldonado et al.,2000*)

El mezquite de la miel (*prosopis glandulosa*) crece en una amplia gama de suelos con sal moderado y tolerante a las heladas. Prospera bajo temperaturas muy altas (> 38 ° C) y sobrevive en áreas con la precipitación muy baja, pero se encuentra generalmente en áreas con las reservas de agua subterránea. (Bainbridge *et al.*,1990).

Valor y Usos del Mezquite

El mezquite es comúnmente considerado como una especie indeseable, debido a la competencia con los pastos y decremento en la producción de forraje y al incrementar la dificultad para manejar al ganado. Sin embargo, la utilización del *Prosopis* por los habitantes del norte de México data de tiempos ancestrales, habiendo sido muy valioso como un recurso de alimento, combustible, medicina, carbón y material de construcción y protección.

Presentándose en forma natural en estas tierras, no se alcanza a ver o no se quiere ver las cualidades y virtudes del mezquite, mientras que en países lejanos, sucede todo lo contrario.

En muchas regiones de México el mezquite se ha utilizado en diversas formas debido a sus múltiples cualidades; sus características le permiten ser aprovechado en

forma directa o transformado; el mezquite es un magnífico mejorador de suelos, sus hojas depositan un mantillo orgánico de importancia considerable; fija nitrógeno al suelo, sus raíces controlan el movimiento de dunas; proporciona forraje para los animales domésticos, sirve de hábitat para la fauna silvestre, produce néctar para la elaboración de miel de abeja, sus frutos son consumidos como alimento para el humano; su madera es usada como leña combustible, para construcciones rústicas, durmientes y postes (Maldonado *et al.*, 2000).

Orozco *et al.*,(2000), menciona ha surgido un renovado interés para explotar de manera más racional a las especies de mezquite y algunos de los productos de su metabolismo por, las siguientes razones:

- i) México está experimentando una drástica desertificación en gran parte de su territorio debido en parte a la tala inmoderada de árboles de mezquite.
- ii) La goma exudada por los árboles de mezquite es muy similar a la producida por los árboles de *Acacia senegal*, esta última es usada extensamente como un emulsificante y agente microencapsulador en la industria alimentaria, así como en textiles e industrias topográficas y fotográficas.
- iii) Por el uso de sus vainas o legumbres como forraje para animales y.

FORMAS DE APROVECHAMIENTO DEL MEZQUITE

Uso forrajero

El aporte forrajero es importante por la calidad que posee (alto porcentaje de proteínas, especialmente en las hojas, con 15% a 25% de proteína bruta) y por la energía que aporta (alto porcentaje de Carbohidratos, especialmente en frutos: 50 a 70%). Los frutos son preferidos sobre el follaje. (Gil, S/F).

Junto con el follaje del mezquite, las vainas son consumidas por el ganado, especialmente durante las sequías o escasez de otros forrajes.

En México, miles de toneladas de vainas son colectadas anualmente de poblaciones naturales y vendidas como forraje o concentrado en raciones para el ganado (Felker, 1981).

Las vainas de mezquite tienen valores de proteína que alcanzan promedios que varían de 11 a 17 % según la especie (*P. velutina*: 17,8 %; *P. glandulosa*: 15.1 %; *P. alba*: 11.4%). Con respecto al contenido de azúcares varían de 25 a 40 % (*P. velutina*: 25.5 %; *P. glandulosa*: 38.3 %; *P. alba*: 35.7 %) (Oduol *et al.*, 1986).

La producción de vainas varía considerablemente entre años, especies, sitios y aún entre árboles de la misma especie. Se estima que la producción anual de vaina en el Altiplano varía de 4 a 50 Kg/árbol y de 200 a 2200 kg/ha. En densidades de 25 a 445 árboles /ha.; sin embargo se considera que solo el 15 % de los árboles producen cantidades apreciables de vaina, por lo que bajo ciertas técnicas (selección genética y plantación de individuos superiores, aclareos y manejo del rodal) se pudieran incrementar enormemente los rendimientos de vaina por hectárea (Maldonado *et al.*, 2000).

El género *prosopis* y su potencial de mejorar la producción ganadera en regiones áridas y semiáridas.

El género *prosopis* tiene convertido los recursos genéticos de la planta que pueden ofrecer nuevas alternativas y opciones para el desarrollo de regiones áridas y semiáridas. En el pasado, *prosopis* spp. Tenía un papel importante en la agricultura tradicional practicada por las poblaciones indígenas en América latina, África y Asia. Ahora FAO ha desarrollado un programa para realzar el uso de *prosopis* spp. En esas áreas donde puede ser integrado en la corriente que cultiva y los sistemas de la producción ganadera (Riveros, S/F).

Cualquier tipo de ganado aprovecha la vaina; sin embargo, ésta tiene singular importancia como forraje para el ganado lechero estabulado, tanto criollo como el de registro de las razas, Holstein, Jersey y Ayshire. (Gómez, 1970).

Aprovechamientos Forestales

El mezquite se utiliza para la producción de madera para uso industrial, siendo ésta sumamente dura, tiene un color pardo rojiza, muy apreciada para la fabricación de muebles (Flores, 1983 y Niembro, 1986). La calidad de su madera es superada por pocas especies comerciales; la leña tiene excelentes cualidades caloríficas, el carbón que se obtiene es excelente, dando un sabor característico a las carnes o verduras cocinadas con éste (Felker, 1979; Leakey y Last, 1980). Por consiguiente , el mezquite es el recurso energético preferido y esencial entre los habitantes de la región. Sin embargo, el aprovechamiento constante de este tipo de vegetación es el que ha reducido aún más sus poblaciones, por lo que sus fuentes de aprovechamiento se están agotando aceleradamente, presentándose una fuerte escasez de combustible con adecuado poder calorífico (Maldonado *et al.*,2000).

El carbón de mezquite ha sido un importante producto para uso domestico por muchos años y tiene una amplia aceptación de mercado, actualmente se está

incrementando su popularidad para su uso en las cocinas de muchos hogares, áreas recreacionales y restaurantes y otros establecimientos especializados.

Según datos referentes a la explotación forestal del mezquite, de 1956 a 1965, la obtención de carbón obtuvo un porcentaje de 55.7 % en S. L. P. En 1978, en el municipio de Cerritos, S. L. P. Se obtuvieron 4329 m³ de leña brazuelo y 964 ton. de carbón de mezquite (Villanueva, 1993).

La planta completa es útil para formar bardas que delimitan predios, para guardar forrajes en sus copas y para sombrear los parajes donde descansa el ganado (Morales y Ruiz, 1994). Asimismo esta especie se utiliza para el sombreado de algunos parques y jardines (Galindo y García, 1989).

Cantú (1989) señala que desde el punto de vista ecológico, el mezquite reviste gran importancia en las cadenas tróficas de los ecosistemas donde se presenta, sirviendo de alimento y resguardo para la fauna silvestre, además de cumplir, entre otras múltiples funciones como estabilizador de suelos y protectores de cuencas hidrográficas.

Mezquite en la alimentación Humana

Las semillas ya secas se muelen y forman una pasta llamada mezquitamal, la cual se utiliza como alimento y es semejante al pinole (Galindo y García , 1989 y Morales y Ruiz, 1994). La vaina es consumida como fruta fresca o para la elaboración de dulces compactos (piloncillos de mezquite) que son objeto de comercio local; con la fermentación del fruto se elabora una bebida alcohólica preparada y destilada parecida al mezcal (Niembro, 1986; Galindo y García , 1989 y Morales y Ruiz, 1994).

Con la harina de los frutos de la vaina mezclada con agua se hace una bebida llamada mezquitatole que se toma como una bebida refrescante (Morales y Ruiz , 1994).

Las flores constituyen una fuente valiosa de néctar para la producción de miel de alta calidad (Niembro, 1986).

La goma del mezquite que se obtiene a partir del exudado del tronco, en su composición química está constituida por un ácido conocido como metoxiglucorónico; y algunos azúcares como la galactosa y la arabinosa que tienen diversos usos en la industria alimentaria; utilizándose como edulcorante, emulsificante (substancia que favorece la mezcla de moléculas de agua y aceite) o

microencapsulante (favorece la fijación de aromas y sabores en los alimentos (Morales y Ruiz, 1994).

Galindo y García (1989) mencionan que la goma del mezquite o goma ambarina secretada por el tronco del árbol es una golosina muy apreciada por los niños.

Mezquite en la medicina tradicional

Galindo y García (1989) señalan que empleando follaje, goma y corteza, se registró su uso como antiséptico, antidisentérico, antidiarreico y antigástrico.

Morales y Ruiz (1994) mencionan que con la cocción de la corteza de la raíz, se produce una infusión que se utiliza para curar heridas, como vomitivo o como purgante.

De los retoños y las hojas se extrae un jugo que, en forma de té, se utiliza para tratar afecciones de los ojos y además se utiliza para tratar malestares estomacales (Morales y Ruiz, 1994).

Otros usos de *Prosopis spp*

Los mezquites presentan un alto contenido de grasas, y resalta su alto contenido de carbohidratos (50 %). El que sugiere para este contenido de azúcares su utilización en la elaboración de dulces y atoles reduciendo la necesidad de agregar edulcorantes (Del Valle *et al.* 1989).

La goma de mezquite se utiliza para aprestar tejidos en la industria textil; mientras que en la farmacia se le utiliza para dar viscosidad a las mezclas que contienen polvos insolubles y pesados (Niembro, 1986).

Flores (1983) menciona que la goma negra que exuda de las grietas superiores del tronco del mezquite es astringente por el tanino que contiene y se le utiliza para la fabricación de tintas. Asimismo el tanino se aprovecha en la industria de la curtiduría (Niembro ,1986).

Estudios realizados por Pedroza *et al.*, (2000) la goma del mezquite se utiliza para micro encapsular alimentos para dietas de camarón.

Digestibilidad:

En el conocimiento de la digestibilidad de los alimentos es básico para establecer su valor nutritivo y, por tanto, para la formulación de raciones para los animales. Sin embargo la determinación *in vivo* de la digestibilidad es un proceso laborioso y costoso, y requiere el empleo de grandes cantidades de alimento, por lo que se han propuesto distintos métodos *in vitro* para su estimación.(Bochi *et al.*,19 98).

La digestibilidad se toma como sinónimo de desaparición de alimento del aparato digestivo. La información sobre digestibilidad se utiliza ampliamente en nutrición animal para evaluar forrajes o estudiar la utilización de nutrientes (Church, 2002).

Ecosistema Microbiano del Rumen.

En el aparato digestivo de los rumiantes, en contraste con el de otras clases de animales que no presentan fermentación pregástrica, el alimento ingerido experimenta una fermentación pregástrica muy extensa. La mayor parte del alimento ingerido es fermentada por microbios antes de quedar expuesta a los compuestos químicos y a las enzimas gástricas y entéricas que normalmente intervienen en la digestión (Church, 2002).

Los microbios mantienen una relación simbiótica verdadera con su hospedero, donde ambas especies reciben un beneficio de la otra.

El rumen es el compartimiento dominante del tracto digestivo, manteniendo una densa y variada población de microorganismos, hidrolizando la celulosa hasta el disacárido celobiosa y el monosacárido glucosa (Brock, 1978). La hidrólisis enzimática de las moléculas grandes se lleva a cabo por las enzimas de origen microbiano, en lugar de provenir del animal huésped.

El rumen proporciona el ambiente ideal para el establecimiento de una población microbiana, el alimento proporciona un aporte constante de sustratos, el ambiente acuoso es el óptimo para las interacciones microbianas y la intensa actividad de las enzimas producidas por los microbios, la temperatura del rumen se mantiene relativamente constante entre 38 y 42° C. las abundantes secreciones salivales de bicarbonato y fosfato tamponan la fermentación del rumen generalmente con un pH de entre 6 y 7 (Church, 2002).

El líquido ruminal es un líquido ligeramente viscoso que contiene partículas de alimento no digerido, es anaerobio y tiene un pH de 5.5 a 6.8 dependiendo de la dieta, contiene además CO₂ disuelto, bicarbonato, NH₃, y ácido grasos volátiles, un contenido normal de ácidos grasos volátiles en el líquido ruminal sería de 100-150

micromoles/ml. Consistiendo de 60% acetato, 20% propionato 15% butirato (Wallace, 1993), a pesar de que el animal rumiante ingiere grandes cantidades de O₂ en el alimento, este oxígeno es rápidamente reducido por las bacterias ruminales.

La mayor población microbiana en el rumen son bacterias, protozoarios y hongos, de estos las bacterias son las que se encuentran en mayor numero y diversidad, 22 géneros 63 especies han sido identificadas con concentraciones de 10¹⁰ a 10¹¹ a células por gramo de contenido ruminal la mayoría de estas bacterias son anaerobias estrictas por lo que no pueden sobrevivir en presencia de oxígeno, de protozoarios se han identificado 6 géneros y 16 especies con una concentración de 10⁵ a 10⁶ células por gramo, a pesar de que este numero es considerablemente menor que el de las bacterias, el tamaño mas o menos grande de los protozoarios individuales comparados con el de las bacterias, da lugar a que las masas totales de ambas células sean mas o menos iguales, los hongos anaerobios son los que han identificado recientemente 3 géneros y 4 especies (Cunningham, 1992).

FACTORES ESTRUCTURALES DE LA PARED CELULAR DEL FORRAJE QUE AFECTAN SU DIGESTIBILIDAD,

Dependiendo del tipo de tejido y a medida que la célula de la planta madura, la pared celular se ensancha y comúnmente produce una pared secundaria de composición distinta con una notable deposición de constituyentes aromáticos, por lo que ocurren concomitantemente cambios químicos y anatómicos, afectando la digestibilidad, sin embargo las diferencias en estructura pueden o no influir significativamente la tasa y grado de digestión del forraje; por ejemplo, las diferencias conformacionales entre la orientación de los componentes fenólicos relativas a los polisacáridos con los que se asocian, pueden sólo ser importantes si dichos polisacáridos contribuyen, en cantidades significantes, a las composición total de un tipo particular de tejidos susceptible a la degradación. Asimismo, es posible que una moderada lignificación pueda limitar al acceso microbial a los tejidos y un mayor grado de lignificación no tenga ningún efecto a menos que se disemine a otros tejidos (Ramírez *et al.*, 2002).

Generalidades sobre la pared celular

Descubrimientos recientes han cambiado la noción sobre la estructura rígida y estática asignada a la pared celular. Se ha encontrado que las paredes celulares, particularmente las primarias, poseen marcadores de superficie que predicen patrones de desarrollo y marcan posiciones dentro del vegetal, asimismo, contienen componentes de señalamiento y comunicación por la continuidad simplástica mediante los plasmodesmos.

Las paredes celulares también mantienen continuación molecular con la membrana plasmática y el citoesqueleto y conexiones firmes con la membrana plasmática, debido a adaptaciones al estrés osmótica. Señales de la pared celular provocadas por la predación de insectos inducen la producción de moléculas de defensa, formándose capas de proteínas y lignina, como respuesta a la invasión de patógenos fungales y virales (Ramírez *et al.*, 2002).

Fibra detergente y fibra dietaria.

El sistema de análisis que usa detergentes fue originalmente desarrollado para resolver el problema analítico relativo a la dieta de rumiantes, específicamente de forrajes. El objetivo del análisis es fraccionar el aliento en cantidades químicas de

acuerdo a su disponibilidad nutritiva. La fibra es un producto analítico con características nutricionales que describe a aquellos componentes del forraje de baja solubilidad en un sistema de solventes específicos (detergente ácido y neutro) y son relativamente menos digestibles que el almidón (Ramírez *et al.*, 2002)

Estructura y digestibilidad de la pared celular.

La estructura y función de la pared celular esta controlada por la composición y organización de los componentes individuales. La pared celular esta compuesta principalmente de azúcares dispuestos en polisacáridos de composición estructura variable, ácido hidroxicinámico, lignina, proteína, iones y agua.

Los estudios sobre la composición de la pared celular y digestibilidad generalmente utilizan tejidos de plantas, que son una mezcla homogénea de tipos celulares. Las paredes de diferentes tipos celulares varían mucho en sus características de digestión, por lo que dichos estudios son difíciles de interpretar a escala molecular, debido a la mezcla de características químicas y digestión de los muchos tipos celulares.

La caracterización estructural de la pared de tipos celulares individuales es crítica para la determinación de la relación de los componentes de la pared y la

digestibilidad; sin embargo, existen pocos estudios cuantitativos sobre la composición de los diferentes tipos celulares, debido a las dificultades en la separación de los tipos específicos de células en los tejidos de las plantas.

La lignificación de la pared celular de las plantas ha sido correlacionada con una reducción en la digestibilidad de la MS y la concentración *in vitro* de ácidos grasos volátiles del forraje de arbustos que crecen en México, similarmente el contenido de lignina también ha sido relacionado a una baja digestibilidad *in vitro* e *in situ* de la Materia Seca (MS) (Ramírez *et al.*, 2002).

Técnica *in vitro*.

En los procedimientos de la técnica de digestibilidad *in vitro*, es una fermentación anaerobia de un substrato de la muestra, con licor ruminal filtrado y mezclado con una solución amortiguadora que simula la saliva del rumiante. A diferencia del rumen. En los sistemas *in vitro* no hay un suministro continuo de saliva que podría proporcionar el nitrógeno; por esos es importante suministrar todos los nutrientes necesarios, particularmente amoníaco que podría llegar a ser limitado en los forrajes de pobre calidad; hay poca oportunidad para los nutrientes digeribles escapar a la fermentación (Van Soest, 1994).

III.-MATERIALES Y METODOS

Para la realización del presente trabajo se dispuso de un toro, donante de líquido ruminal, vainas de mezquite (*Prosopis glandulosa*), de la variedad *glandulosa* y *Torreyana*, incubador DAISY, así como reactivos, para las soluciones Buffer.

Descripción del sitio experimental

El trabajo de investigación se llevo acabo en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, Buenavista Saltillo Coahuila., esta se encuentra en las coordenadas geográficas. Latitud: 25 °23’ N, Longitud: 101° 00’ w, Altitud: 1742 msnm., con una temperatura media anual : 19.8° C, con un tipo de clima: Bwhw (X’) (e), clima muy seco, semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias de verano y precipitación invernal superior al 10% de la total anual. Dicha región queda considerada dentro de los climas desérticos descritos por Copen, modificados por (García, 1973).

Localización del área de estudio

El material de investigación *prosopis spp* se obtuvo en 4 comunidades denominadas la Colorada, la Angostura, Buenavista y la Esperanza, que se encuentran ubicadas a los alrededores de la universidad Autónoma Agraria Antonio Narro recolectando 5 muestras por cada comunidad, de árboles jóvenes de una altura promedio de 3 mts.

Identificación de la muestra

Para la identificación de las especies se recolectaron hojas y junto con las vainas se procedió a identificarlas en uno de los laboratorios del departamento de Botánica, las muestras fueron identificadas por Villarreal (2002) obteniendo los resultados siguientes: de las 20 muestras obtenidas en las 4 comunidades, 15 muestras fueron identificadas como especie *glandulosa Var. Glandulosa*, 5 muestras como especie *glandulosa Var. Torreyana*, material suficiente para someter a prueba de digestibilidad las dos variedades identificadas.

Las muestras tomadas para la investigación se sometieron a una determinación de MS, utilizando el método de la eliminación de agua libre por medio del calor de circulación seguida por la determinación del peso del residuo, a una temperatura de 50° C.(A. O. A. C. 1980).

Una vez determinada la MS se procedió a moler en un molino Wiley con malla de 1 mm. y ya molidos se extrajeron porciones para después realizar el análisis proximal y digestibilidad *in vitro*. el análisis proximal se realizo siguiendo el método de Weende y la prueba de digestibilidad *in vitro* se realizó mediante el método incubador “DAISY” (Ankom Technologies).

Digestibilidad *in vitro* usando el incubador “Daisy”.

El método *in vitro* empleado consiste en una incubación de los tratamientos con liquido ruminal durante 48 hrs. a 39° C., utilizando como inóculo líquido ruminal procedente de un toro provisto de una cánula Ruminal de un año y 8 meses de edad con un peso aproximado de 750 Kg. y una dieta a base de forraje molido y concentrado.

Preparación de la muestra

Previo a la incubación se enjuagaron las bolsas para filtrar con acetona de 3 a 5 min. Esto con intención de enjuagar y remover la superficie que inhibe la digestión microbiana, se pesó cada bolsa para filtrar y se registro su peso (**W1**), se puso a cero la balanza y se peso directamente de la bolsa 0.50 grs. de muestra (**W2**), se cerro la

bolsa y se introdujo al frasco digestor, también se colocó 3 bolsas vacías y cerradas que fueron los blancos que se utilizó como factor de corrección (C1).

Preparación de la solución Buffer

Tomando en cuenta los principios de esta técnica de digestibilidad *in vitro*, se prepararon soluciones como: Solución A, formado por: fosfato de Potasio Anhidro 10.0, sulfato de magnesio + 7 moléculas de agua 0.5, cloruro de sodio 0.5, cloruro de calcio 0.1 y urea 0.5 todos por g/litro.

Solución B formado por: bicarbonato de sodio 15.0 g/litro, sulfato de sodio + moléculas de agua 1.0 g/litro, inoculo fluido de rumen 400 ml.

No tomando en cuenta el líquido ruminal las soluciones A y B, son mezclas de sales para simular la saliva del animal. La solución B son mezclas de sales para amortiguar el pH de la solución A.

Se recalentaron a 39° C., ambas soluciones (A y B) en recipientes separados, se agregaron 266 ml. de la solución B a 1330 ml. de la solución A (1:5) se ajustó el pH hasta 6.8 a 39° C., se le agregó 1600 ml. De la mezcla "A" y "B" a cada frasco que contenía las bolsas con muestra del tiempo 48 y los blancos para después colocar

los frascos ya con las muestras y la solución buffer dentro de la incubadora y se activo el botón de la temperatura y el agitador, se equilibrio la temperatura de los frascos de digestión dejándolo en un tiempo de 30 minutos, mientras se colectaba y preparaba el inculo del Rumen.

Obtención del liquido ruminal.

Para la obtención del liquido ruminal se utilizo un toro fistulado de aproximadamente 1 año y 8 meses de edad con un peso de 750 Kg. Alimentado por medio de forraje molido y concentrado, el animal donador se le restringió el acceso al alimento 16 hrs. antes de la extracción del fluido ruminal con el fin de evitar una dilución (Llamas y Tejada, 1990).

Preparación del inculo e incubación.

Se mantuvo todo el material de cristal a 39° C., se precalentó 2 termos con capacidad de 2 lts. con agua a 39° C. Usando el procedimiento adecuado para la colección se tiro el contenido del termo, justo antes de la colección del liquido ruminal se agrego aproximadamente 2 puñados de material fibroso del rumen en la colección en uno de los termos, se traslado al laboratorio con muchos cuidado en donde se vació el inculo del rumen de los termos dentro del recipiente agitador, se

purgo el recipiente agitador con gas CO₂ y se mezclo con una velocidad alta por 30 segundos, la acción de mezclar sirve para desalojar microbios que son agregados al material y así asegurar una población representativa de la fermentación *in vitro*, la mezcla digerida se filtro dentro de un matraz de 5 lts. precalentado a 39° C. a través de 4 capas de gasa, se filtro el fluido del rumen restante de los otros termos a través de 4 capas limpias de gasa en el mismo matraz de 5 lts., el matraz estuvo continuamente purgado con CO₂, esto con la intención de enriquecer el medio ambiente ya que los microorganismos del rumen se encuentran en un ambiente completamente anaerobio, libres de oxigeno y al momento de manipularlas se oxigenan y pierden CO₂, posteriormente se midió 400 ml. del inculo del rumen en un cilindro graduado y se le agrego a uno de los frascos digestores en el cual se encontraba la solución buffer y las muestras, el frasco se purgo nuevamente con CO₂ por 30 segundos, se cerro y se aseguro bien la tapa y se introdujo al incubador “DAISY”, se repitió este proceso en todos los frascos digestores utilizados, las muestras del tiempo cero solo se sumergieron al instante.

A las 24 hrs. posteriores se colocaron las muestras del tiempo 24, a las 36 hrs. Se introdujeron las muestras del tiempo 12, pasando las 42 hrs. Se colocaron las muestras del tiempo 6 y finalmente a las 45 hrs. Se introdujeron las muestras del tiempo 3 para después sacarlos a las 48 hrs. todas juntas, se enjuago minuciosamente con agua fría hasta quedar limpias, se secaron las bolsas en una estufa a 50 ° C. Por

24 horas para después pesar las bolsas y registrar su peso(**W3**) y usarla en la formula siguiente:

Cálculos

$$\% \text{ Div} = 100 - \frac{((W3 - (W1 \times C1)) \times 100}{W2}$$

$$\% \text{ Div Ms} = 100 - \frac{((W3 - (W1 \times C1)) \times 100}{W2 \times \text{MST}}$$

Donde: **W1**= peso de la bolsa tarada

W2= peso de la muestra

W3= peso final de la muestra después de la digestión *in vitro*

C1= Corrección de la bolsa (blanco) (peso final de la bolsa / peso inicial de la bolsa)

Ms= Materia Seca

La técnica de digestibilidad utilizada en el presente trabajo es una técnica rápida y fácil cuya validez predictora de la digestibilidad ha sido señalada para una gran variedad de forrajes (Van Soest *et al.*, 1994)

Análisis proximal.

la determinación del análisis proximal de las dos variedades *glandulosa* T1 y *torreyana* T2 se llevo acabo en el laboratorio de Nutrición Animal, de acuerdo al manual de técnicas utilizadas por A.O.A.C.(1980 Assciation of Oficial Analytical Chemist Oficial Methods of Analytical Chemist), Washington, D.C., que son las técnicas utilizadas como estándar a nivel internacional.

Análisis estadístico

El experimento se estableció bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2 x 6 x 2, así mismo se utilizo el modelo estadístico que a continuación se presenta:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon$$

Con:

i= 1, 2, Variedades

j= 1, 2, 3, 4, 5, 6, Tiempos

k= 1, 2, Repeticiones

(Olivares, 1994).

se incluyo también un análisis de correlación para encontrar, una respuesta en cuanto al tiempo y el porciento de digestibilidad.

IV.-RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores de digestibilidad *in Vitro* obtenidos mediante el método empleado en este trabajo, se muestra en el cuadros 3, donde se aprecia claramente la diferencia que existe entre las dos variedades en cuanto a digestibilidad de la MS y el tiempo de incubación, encontrándose mayor digestibilidad en la variedad *Torreyana*, en la mayoría de los tiempos de incubación, en el tiempo cero con un 30.54 %, de digestibilidad en el tiempo 3=53.25 %, en el tiempo 6= 54.91 %, en el tiempo 12= 66.88 %, en el tiempo 24=74.04 % y en el tiempo 48 con 77.08 a diferencia de la variedad *glandulosa*, en el tiempo cero, 32.53 %, en el tiempo 3= 51.75 %, en el tiempo 6= 53.61 %, en el tiempo 12= 57.86 %, en el tiempo 24= 65.27 % y en el tiempo 48= 67.82 % de digestibilidad respectivamente.

Cuadro. 3 Digestibilidad de la MS (%) de las vainas de mezquite Var. *glandulosa* y Variedad *torreyana*.

TIEMPO	<i>Variedad glandulosa</i>	<i>Variedad Torreyana</i>
0	32.53	30.54
3	51.75	53.25
6	53.61	54.91
12	57.86	66.88
24	65.27	74.04
48	67.82	77.08

Una vez realizado el análisis de Varianza para la variable digestibilidad, se presentaron diferencias altamente significativas ($P < 0.05$), para los dos factores, por lo que se procedió a realizar comparaciones de medias por el método de Tukey.

Los resultados del análisis estadístico mostraron un Coeficiente de Variación de 4.67 % lo cual indica que hubo una homogeneidad en cuanto a los resultados de la digestibilidad en las repeticiones en cada tiempo.

La comparación de medias del factor A (Variedad *glandulosa* y Variedad *torreyana*), que se muestra en el cuadro 4 fueron de 54.80 para la variedad *glandulosa* y 59.20 para la variedad *torreyana*, encontrándose una diferencia altamente significativa ($P < 0.05$) entre las dos variedades. Por lo tanto para la alimentación de las diferentes especies se recomienda la variedad *torreyana*.

Cuadro. 4 Comparación de medias de tratamientos con la prueba de Tukey, para la variable porcentaje de digestibilidad.

Factor A	Media
<i>Variedad glandulosa</i>	54.805004 ^a
<i>Variedad torreyana</i>	59.199169 ^b

Respecto al tiempo de incubación que se muestra en el cuadro 5, se observa la digestibilidad en el tiempo 48 hrs. es igual al tiempo 24, al igual que el tiempo 24 hrs. es igual al tiempo 12, al mismo tiempo el tiempo 12 hrs. tuvo una similitud al tiempo 6, mientras que en el tiempo 6 hrs. fue igual al tiempo 3, habiendo diferencia en el tiempo cero, con respecto a los demás tiempos (3, 6, 12, 24 y 48 hrs.), obteniendo un resultado altamente significativo ($P < 0.05$).

Cuadro. 5 Comparación de medias de la variable digestibilidad para el factor tiempo de incubación, usando la prueba de Tukey .

Tiempo	Media
48	72.4500 ^a
24	69.6525 ^{ab}
12	62.3650 ^{bc}
6	54.2600 ^{cd}
3	51.7500 ^d
0	31.5350 ^e

En cuanto a la prueba de medias de la interacción (Variedad x tiempo) que se muestra en el cuadro 6, estadísticamente la digestibilidad de la Variedad glandulosa al tiempo 48 hrs. fue igual a la digestibilidad de los tiempos 12, 24 y 48 hrs. de la Variedad torreyana, mientras que la digestibilidad al tiempo 24 hrs. de la variedad glandulosa fue igual a la digestibilidad de los tiempos 12 y 24 hrs. de la Variedad torreyana, al mismo tiempo la variedad glandulosa a los tiempos 12 y 24 hrs. fue

igual a la digestibilidad al tiempo 12 hrs. de la variedad torreyana, el tiempo 6 hrs. de la variedad torreyana fue igual al tiempo 12 y 24 hrs. de la variedad glandulosa, asimismo los tiempos 3 y 6 hrs. de las dos variedades fueron iguales al igual que el tiempo cero hrs. habiendo diferencia en este ultimo en los demás tiempos (3, 6, 12, 24 y 48 hrs.), encontrándose una diferencia altamente significativa ($P < 0.05$).

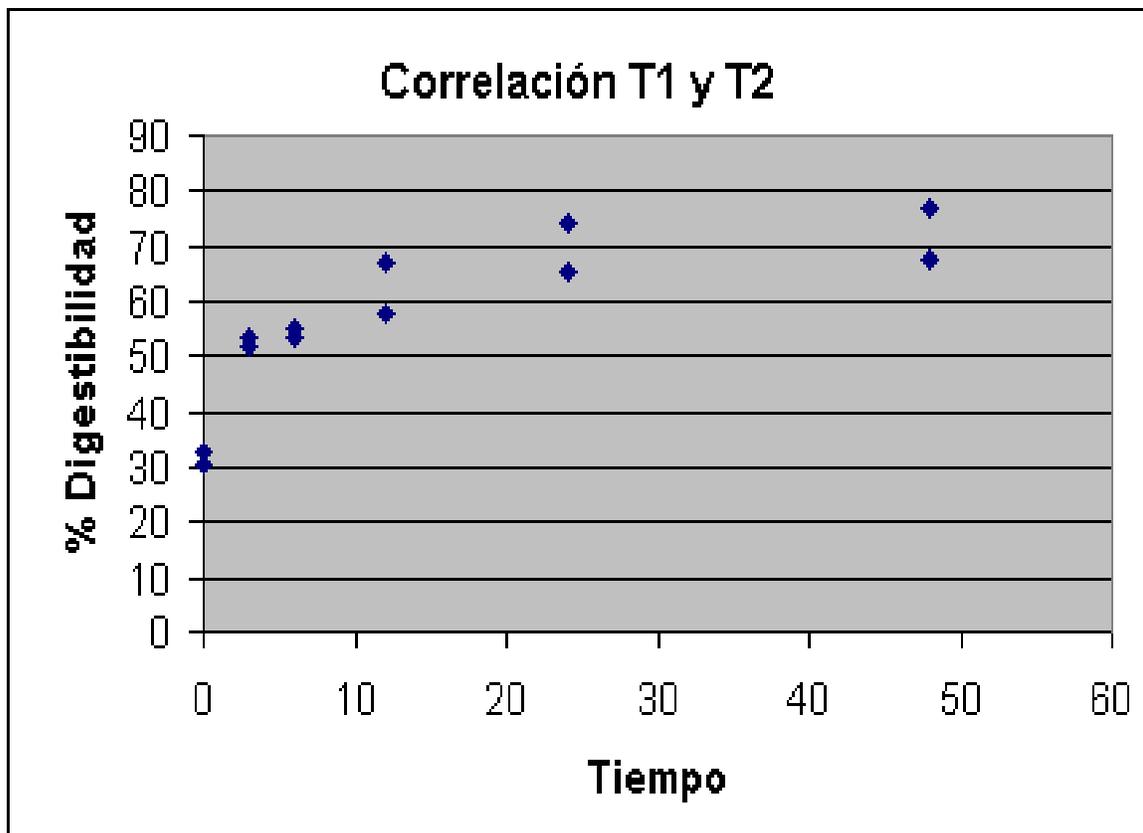
Cuadro. 6 Comparación de medias de la variable digestibilidad para la interacción variedad x tiempo de incubación usando la prueba de Tukey.

Variedad x Tiempo	Media
<i>torreyana</i> 48 hrs.	77.0800 ^a
<i>torreyana</i> 24 hrs.	74.0400 ^{ab}
<i>glandulosa</i> 48 hrs.	67.8200 ^{abc}
<i>torreyana</i> 12 hrs.	66.8750 ^{abc}
<i>glandulosa</i> 24 hrs.	65.2650 ^{bcd}
<i>glandulosa</i> 12 hrs.	57.8550 ^{cde}
<i>torreyana</i> 6 hrs.	54.9100 ^{de}
<i>glandulosa</i> 6 hrs.	53.6100 ^e
<i>glandulosa</i> 3 hrs.	51.7500 ^e
<i>torreyana</i> 3 hrs.	51.7500 ^e
<i>glandulosa</i> 0 hrs.	32.5300 ^f
<i>torreyana</i> 0 hrs.	30.5400 ^f

abcde= medias con la misma literal, presentan igualdad en cuanto a digestibilidad en los diferentes tiempos. El % de digestibilidad de los tratamientos está dada en orden alfabético.

La correlación entre el tiempo y % de digestibilidad que se muestra en la figura 4, tuvo una alta significancia de un 0.7749 % , con esto quiere decir que entre mas tiempo de incubación habrá una mayor digestibilidad.

Figura. 4 Correlación de la digestibilidad y tiempo T1 (Variedad *glandulosa*) y T2 (Variedad *torreyana*)



La digestibilidad de las vainas de mezquite estudiadas en este trabajo tiene una gran similitud en trabajos reportados por otros investigadores como lo indican los resultados encontrados por Ramírez *et al.*, (2000), realizados en la Universidad de Guanajuato, quienes reportan digestibilidad de 76 % para la especie *Prosopis laevigata*.

Asimismo estudios realizados por Fernández y Arno (1998), en diferentes especies de *Prosopis*, como: *P. alba*, *P. chilensis*, *P. tamauro*, *P. glandulosa*, *P. velutina*, *P. pallida* y *P. juliflora*, presentaron valores de digestibilidad del fruto de 65 % y entre 55 a 60 % para las hojas.

Otros autores reportan valores de 78 % de digestibilidad in vitro y 93 % en digestibilidad in vivo en la especie *P. juliflora* (Ortega *et al.*, 2001).

La digestibilidad para la vaina de mezquite fue de 67.82 % para la variedad *glandulosa* y 77.0 % en el tiempo 48 para la variedad *torreyana*, lo cual indica que es un producto de buena digestibilidad,

En cuanto a los resultados del análisis Proximal de este trabajo que se muestran en el cuadro 7 se encontró una gran semejanza a resultados obtenidos por Becker *et al.*, (1984), Del Valle *et al.*, (1988), Marangoni y Alli (1988) en diferentes especies de *Prosopis* como: *P. juliflora*, *P. glandulosa.*, *P. velutina*, *P. pubéscenos*, *P. laevigata*, obteniendo valores de carbohidratos de 75.2-25, % Proteína 15.58-11 %, grasas 4.31-3.

Barros (1994) reporta resultados de carbohidratos 43.7, proteína 24.8, fibra 23.5, triglicéridos 2.3, cenizas 5.7.

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

La almendra de las vainas es la fracción con mayor contenido de proteína , pero esta representa solo la séptima parte del peso de la vaina y es difícil separarla, por lo que su utilización, sería de alto costo, por lo tanto se sugiere que el uso tendría que ser de la vaina entera (Ramírez *et al.*, 2000).

Cuadro 7. Análisis Bromatológico Variedad *Glandulosa* y Variedad *torreyana*.

Contenido	Fracción (%)	Fracción (%)
Carbohidratos	49.10	51.00
Proteína cruda	16.95	16.70
Grasas	3.62	2.52
Fibra	24.20	26.15
ceniza	6.13	3.63

V.-CONCLUSION.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación y a los objetivos propuestos se concluye.

- Ambas variedades de mezquite presentaron una buena composición química, especialmente para la proteína , asimismo presentaron alta digestibilidad *in vitro* de la MS , siendo superior la Variedad *torreyana* en todos los tiempos de digestibilidad estudiadas por lo que es recomendable la utilización de este alimento en la dieta de los animales.
- En cuanto al tiempo de incubación se obtuvo mayores resultados de digestibilidad al tiempo 24 hrs.
- A pesar de que existen algunos registros de utilización de esta planta se requiere de mayor difusión y estudios para conocer su potencial real para ser utilizado como alimento.

VI.-LITERATURA CITADA

- Alanis F., G. J.** 2000. Mezquite *Prosopis Glandulosa Torr.* Árbol nativo del Norte de México, especie muy endémica para la arboricultura urbana en ciudades del desierto y semidesierto en México. Departamento de Ecología. Facultad de Ciencias Biológicas, U. A. N. L. AP. 134-F Ciudad. Universitaria 64610 San Nicolás de los Garza, Nuevo León. México. <http://www.arbolesornamentales.com/mezquite.htm>
- A. O. A. C.,** 1980 Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists 13 ht Washington, D.C., U.S.A.
- Bainbridge, Ross A. y Wesley M.** 1990. NFT Highlights Honey: Mesquite: A Multipurpose Tree for Arid Lands. A publication of the Forest, Farm, And Community Tree Network (FACT Net). Morrilton, Arkansas 72110-9370 USA. http://www.winrock.org/forestry/factpub/FACTSH/P_glandulosa.html
- Barros T., R.** 1994. Composición química de varias partes del mezquite. En: el Mezquite cuadernos de la Institución Nacional de Nutrición. México, D. F. 17(1):p 38.
- Benavides G.** 1989. Memorias Tomo II, Simposio Agroforestal en México. Linares, N.L., México. 800 pp.
- Becker R. R. N. Sayre and R. M. Saunders.** 1984. Semiarid legume crops as protein resources. J.A.O.C.S. 61:931-938.
- Bochi-Brum O., M. D. Carro, C. Valdés, J. S. González y S. López.** 1998. Digestibilidad *in Vitro* de forrajes y concentrados: efecto de la ración de los Animales donantes de liquido ruminal. Departamento de Producción Animal, I. Universidad de León. 24007 León. España. <http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/articulos/1999/181/pdf/6.pdf>

- Burkart A.** 1976. A Monograph of the genus *prosopis* (*Leguminoseae*, Subfam. *Mimosoideae*). Journal of The Arnold Arboretum. 57 (3-4): 219-249, 450-525
- Brock T. D.** 1978. Biología de los Microorganismos. 1ª. Edición. Ed. Omega. Barcelona, España.
- Cantú A., C. M.** 1989. Datos sobre la entomofauna espermatófaga de *prosopis Laevigata* (Humb. Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst. Y *P. Glandulosa* var. *Torreyana* (L. Benson) M. C. Johnst. en Nuevo León con especial referencia a su impacto sobre la producción de semillas. En: Memorias Tomo II Simposio Agroforestal en México. Linares, N. L. México, 80 pp.
- Conzatti C.** 1902. Los Géneros Vegetales mexicanos. México. 445 pp.
- Cunningham J. G.** 1992. Fisiología Veterinaria. 1a. Edición Ed. M*Gram-Hill. México, D. F.
- Church D.C.** 2002 Fundamentos de Nutrición y alimentación de los Animales, 2ª. Edición, Editorial Limusa. México, D. F. p. p. 54.
- Del Valle F. R. y E. Marco.** 1989. Development of products containing Mesquite *Prosopis spp.* Pod flour and their nutritional and organoleptic evaluation. Journal of Food. Processing and Preservation 13: 447-456.
- Del Valle F. R. y E. Marco, R. Becker And M. Saunders.** 1988. evaluation of an industrial process for producing protein enriched mesquite pod *Prosopis spp* Flour. Journal of Food Processing and Preservation: 12: 179-185.
- Felker, P.** 1979. Mezquite, and all-purpose leguminous Arid Land Tree in: Rithie, G. A. (eds.), New Agricultural Crops, American Association for the Advancement of Science Symposium 38, Westviem Press, Boulder, Colorado. p. 89-132.

- Felker, P.** 1981. Uses of tree legumes in semiarid regions. *Economic Botany*. 35(2): 174-186.
- Fernández L. P. C. y Arno S. R.** 1998. Comportamiento silvicultural de especies de algarrobo en Petrolina – Pernambuco, Región Semiárida de Brasil. <http://iunfro.bohu.ac.at/iunfro/iunfronet/d6/wu60304/ponencias/tema4/limap.html>
- Flores M., J. A.** 1983. Bromatología animal. Editorial limusa. México. 335 pp.
- Frías-H. J. T., V. Olalde P. y E. J. Veron.** 2000. El mezquite árbol de Usos Múltiples Estado Actual del Conocimiento en México. Universidad de Guanajuato. México. pp. 11.
- Gilman F. y G. Watson.** 1994. Mezquite (*prosopis glandulosa*) St-502 series of the Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Galindo A. y García M.** 1984. Mezquite (*prosopis L.*): sus usos en el altiplano Potosino IX congreso mexicano de Botánica. Sociedad botánica de México. A. C. Memorias. CREZAS y centro de Botánica. c.p. Chapingo. México. 725
- Galindo A., García M. Y Benavides G.** 1989. citado por Lezama O.H. 1996 en: Efecto de diferentes sustratos sobre la Emergencia y peso fresco de plántulas de mezquite (*Prosopis Glandulosa Torr*) y huisache (*Acacia Farnesiana*) (L) (Willd). Por Lezama O. H. 1996. UAAAN. Buena vista, Saltillo, Coahuila. México. pp. 31.
- García E.** 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen (para adaptarlo a las condiciones de la republica Mexicana) 2ª. ed. corregida y aumentada. México UNAM.

- Gibson S.** 2001. Mezquite. Summer Workshop. Medicinal plant of the southwest index <http://medplant.nmsu.edu/mesquite4.htm>
- Gil, De Ringuelet I.** Escuela Ipem N° 104 "arturo capdevila" cruz del eje (<http://www.oni.escuelas.edu.ar/olilpi98/Algarrobo/p1221ae.htm>)
- Gómez L. F.** 1970. Importancia económica de los mezquites *prosopis* spp. en Algunos Estados de la república mexicana. En mezquites y huisaches. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. México. D. F. pp. 20.
- Leakey, R. And Last, T.** 1980. Biology and Potential of *Prosopis* especies in Arid envirements, with particular reference top. Cineraria. Journal of arid environments: 3: 9-24.
- Llamas L. G. y I. Tejada H.** 1990. Técnicas de Laboratorio para el análisis de Forrajes para rumiantes. En: Castellanos R. A., G. L. Llamas, A. S. Shimada. Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología. Sistemas de educación Continua en producción animal. A. C. México.
- Maldonado A. L., J. y F. E. De la Garza P.** 2000 El mezquite árbol de Usos Múltiples Estado Actual del Conocimiento en México. Universidad de Guanajuato. México. pp.39,42 y 43.
- Marangoni A. And Alli Y.** 1988. Composition and properties of seed and pods of the tree Legume *Prosopis juliflora* (CD). J Sci Food Agric. 44:99-110.
- Morales de L. y Ruiz G.** 1994. en: efecto de diferentes sustratos sobre la Emergencia y Peso fresco de plántulas de mezquite (*Prosopis Glandulosa Torr*) y huisache (*Acacia Farnesiana*) (L) (Willd).por Lezama O. H. 1996. UAAAN. Buenavista Saltillo, Coahuila. México. pp. 31

- Niembro R., A.** 1986. Árboles y arbustos útiles de México: Naturales e introducidos Editorial Limusa. México, 206pp.
- Oduol, P. A., P. Felker, C. R. Mckinley y C. E. Meir.** 1986. Variation among selected *Prosopis* familie for pod sugar and pod protein contents. Forest Ecology and Management. 16:423-431.
- Olivares S. E.** 1994. Paquete de diseños experimentales FAUANL Versión 2.5. Facultad de Agronomía UANL. Marín, N. L. F:\UANL.
- Orozco V., Meráz V., Lechuga S., Cruz S. Y Vernon Carter.** 2000. El mezquite árbol de Usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato México. pp. 143-160.
- Ortega N., Magdalena M., Robles B. , Vázquez M. y Ortega R. R.** 2001. Estudios de las semillas de Palo Fierro (*Olneyda tesota*) y Mezquite (*Prosopis juliflora*) Leguminosas del Desierto de Sonora. Sociedad Nacional de Estudios Profesionales <http://www.socbot.org.mx/disco/resume/re1006.htm>.
- Pedroza I. R., Vernon C. J., Duran de B. C., González G. Y Chávez M.** 2000 El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del Conocimiento México Universidad de Guanajuato. México. pp. 161-184.
- Ramírez O. R., Ramírez L. R. G. y López G. F.** 2002. Factores estructurales de la pared celular del forraje que afectan su digestibilidad. Ciencia UANL / Vol. V. No. 2, Abril-Junio <http://www.uanl.mx/publicaciones/ciencia-uanl/vol5/2/pdfs/factores.pdf>
- Ramírez S. F., Frías H. J. T., González C. J. y Olalde P. V.** 2000. El mezquite árbol de Usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato México. pp. 153-158.

Riveros F. The genus *Prosopis* and its potential to improve livestock production in Arid and semi-arid regions
(<http://www.fao.org/DOCREP/003/T0632E/T0632E/T0632E18.htm>)

Rzedowski J. 1988. Shoot production from cotyledons of *Prosopis glandulosa* var. *torreyana* cultured in vitro. *Anales del Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México.* 2002.

Steinberg, Peter. 2001. *Prosopis glandulosa* In: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire sciences Laboratory (2003, March). (http://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/progla/distribution_and_occurrence.html)

Van Soest, P. J. 1994. *Nutritional Ecology of the Ruminants.* 2nd ed., Comstock, Cornell University Press, Ithaca. New York.

Vargas, L. J. M. 2002. El mezquite, historia, importancia y usos. *Revista horizonte.* Universidad de Sonora. México.
<http://www.iesa.gob.mx/revista/11/mezquite.htm>.

Villanueva D., J. 1993. Distribución actual y características ecológicas del mezquite (*Prosopis Laevigata* H. Y B. Johst) en el estado de San Luis Potosí *Boletín Divulgativo* No. 74. Segunda Edición. SARH-INIFAP-Div. For. México.

Wallace J. R. 1993. *Microbiología del Rumen.* Memorias del Curso internacional Avanzado de Nutrición de Rumiantes. Colegio de Posgraduados. Montecillos, México.

A P E N D I C E

Cuadro. 1 Analisis de varianza de dos variedades de mesquite (variedad *glandulosa* y variedad *torreyana*)

FV	GL	SC	CM	F	P>F
FACTOR A	1	115.859375	115.859375	16.3416	0.002
FACTOR B	5	4444.437500	888.887512	125.3748	0.000
INTERACCION	5	133.898438	26.779688	3.7772	0.027
ERROR	12	85.078125	7.089844		
TOTAL	23	4779.273438			

C.V. = 4.67%

Cuadro. 2 digestibilidad de la MS de las dos variedades de mezquite (variedad *glandulosa* y Variedad *torreyana*).

TIEMPO	Variedad glandulosa MS	Variedad torreyana MS
0	93.75	92.65
3	91.40	91.32
6	91.40	91.05
12	90.39	90.16
24	89.63	88.46
48	88.46	86.66