

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



ANÁLISIS BROMATOLÓGICO DE LA GOMA DE LA SEMILLA DE (*Prosopis Spp.*) PARA FINES ALIMENTICIOS.

POR

JUAN CARLOS REYES COTE

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

TORREÓN, COAHUILA

JUNIO DE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Análisis bromatológico de la goma de la semilla de (*Prosopis spp.*) para fines alimenticios.

POR
JUAN CARLOS REYES COTE


TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR
COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR


PRESIDENTE:


M. EN C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS

VOCAL:


DR. ALFREDO OGAZ

VOCAL:


M. EN C. FORTIÑO DOMÍNGUEZ PÉREZ

VOCAL SUPLENTE:


M. EN C. LUZ MA. PATRICIA GUZMÁN CEDILLO


M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA



JUNIO DE 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Análisis bromatológico de la goma de la semilla de (*Prosopis spp.*) para fines alimenticios.

POR
JUAN CARLOS REYES COTE

TESIS

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR

ASESOR PRINCIPAL:


M. EN C. EDUARDO BLANCO CONTRERAS

ASESOR:

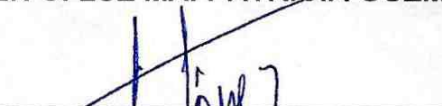

Dr. ALFREDO OGAZ

ASESOR:


M. EN C. FORTINO DOMÍNGUEZ PÉREZ

ASESOR:


M. EN C. LUZ MA. PATRICIA GUZMÁN CEDILLO


M.E. JAVIER LÓPEZ HERNÁNDEZ
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA



JUNIO DE 2019

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a **DIOS** por darme vida y la fuerza para lograr este sueño, por todo ese entendimiento y sabiduría cuando lo he necesitado

A mi **ALMA TERRA MATER** por permitirme formar parte de ella y que me cobijo en mi periodo de aprendizaje hoy doy gracias y soy orgullosamente Narro.

Al M. en C. Eduardo Blanco Contreras por ser mi maestro y apoyarme a culminar mi proyecto de tesis, por enseñarme a como ser como persona, gracias por tanto apoyo.

Al Dr. Alfredo Ogaz por el apoyo incondicional y asesoramiento en este proyecto y por el conocimiento compartido.

Al M. en C. Fortino Domínguez Pérez por ser mi maestro, llenarme de ese conocimiento y quien me brindó su apoyo incondicional.

M. en C. Luz ma. Patricia Guzmán Cedillo por su aportación y apoyo en este proyecto.

Al MVZ Julieta Ziomara Ordoñez Morales quien fue parte de este proyecto y sobre todo siempre se mostró accesible.

DEDICATORIAS

El presente trabajo va con dedicación a todas las personas y seres queridos, quienes me mostraron su apoyo y confianza para poder realizar mi sueño.

Con dedicatoria especial a mi familia, quienes con tanto sacrificio me han brindado su apoyo incondicional y depositaron su esperanza en mi para lograr mi sueño, y sobretodo cumplir una de mis primeras metas. Corrigiéndome cuando ha sido necesario, compartiéndome sus vivencias, sus consejos para lograr salir adelante aun estando lejos de casa, gracias por no dejarme rendir. No les fallé.

A mis Padres. Ellos quien me ha conducido por esta vida sin pedir nada a cambio dándome su amor y paciencia, hoy ven forjado un anhelo, una ilusión, un deseo. Gracias por enseñarme lo que han recogido en el caminar de su vida, por compartir mis horas grises, mis momentos felices, ambiciones, sueños e inquietudes.

Gracias por apoyarme a salir adelante en la adversidad, por hacer de mi lo que hoy soy: gente de provecho. No los defraudaré los haré sentir orgullosos y verán que todos sus sacrificios y tragos amargos hoy son suave miel.

Para ustedes queridos padres: que Dios los bendiga y guarde siempre.

A mi novia. Por ser quien me ha apoyado incondicionalmente en mi formación, por su apoyo. Gracias.

A mis amigos. Gracias también a todos ellos que de alguna manera estuvieron cerca de mí con sus palabras de aliento, gracias por esos momentos tan lindos que me regalan cada día.

A mis maestros. Quienes me han transmitido su conocimiento a lo largo de mi vida profesional y que gracias a ellos eh llegado a lograr una profesión.

RESUMEN.

Las gomas, son utilizadas en la industria alimentaria, donde estas juegan un papel muy importante ya que por sus características son utilizadas para diversas aplicaciones, como lo son: espesantes, agentes gelificantes, estabilizantes de diferentes tipos de dispersores, fibras dietéticas, incluso como emulsionantes. Estas propiedades son de gran interés para valorar su uso así como su potencial.

La inconciencia de las personas ha llevado a la investigación y rescate de alternativas ancestrales como lo es el uso de *Prosopis* spp. incorporado a la alimentación rutinaria. La goma es extraída de las semillas del mezquite, especie que predomina al norte de nuestro país. Esta es una especie representativa de México que predomina en zonas áridas y semiáridas y tiene un requerimiento de agua muy bajo resulta ser una forma de vida sostenible, la producción de goma a partir de la semilla se suma a dicha sostenibilidad. Este estudio se realiza para establecer la calidad nutritiva de la goma para las principales especies de mezquite local, lo anterior recordando su uso ancestral como alimento y que puede resolver las necesidades de alimentación actual. Se analizaron muestras de vainas de *P. glandulosa* y *P. laevigata*, encontrando buenos rendimientos proteínicos principalmente en ésta última. Se discute con respecto a datos de otros autores, muy similares pero no con la finalidad de uso como goma para enriquecer alimentos para humanos, sino como complementos de dietas animales. Se concluye que la semilla aporta una buena concentración de fibras y proteínas, por lo que se cumple el objetivo aceptando la hipótesis como fuente de proteína en humanos.

Palabras clave: *Prosopis* spp., Semilla, Goma, Bromatología, Nutrición.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	I
DEDICATORIAS.....	ii
RESUMEN.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. Gomas.....	4
2.1.1. Gomas de mezquite.....	6
2.1.2. Exudados gomosos.....	6
2.1.3. La goma arábica.....	7
2.2. Toxicología.....	7
2.3. Gomas derivadas de semilla (Galactomananos).....	8
2.4. Caracterización fisicoquímica de las gomas.....	10
2.4.1. Viscosidad.....	10
2.4.2. Propiedades Emulsificantes.....	10
2.5. La semilla.....	11
2.6. Desierto.....	12
2.7. Especie nativa.....	13
2.8. Producción de harina de la semilla.....	13
2.9. Importancia social económico.....	14
2.10 Agroecosistema de mezquite.....	15
III. MATERIALES Y METODOS.....	16
3.1. Localización del área de estudio.....	16
3.2. Recolección de vaina y preparado de muestras.....	17
3.2.1. Lavado y desinfectado de vaina.....	17
3.2.2. Secado de vaina.....	17
3.2.3. Separado de vaina (muestras).....	17
3.3. Extracción de semillas y preparación de harinas.....	18
3.4. Análisis bromatológico.....	19
3.5. Análisis estadístico.....	20
IV. RESULTADOS.....	21
4.1. Kg de vaina recogida y tipos.....	21
4.2. Extracción de semillas gr por muestra.....	21
4.3 Producción de goma de la semilla.....	22
4.4. Análisis bromatológico y análisis estadísticos.....	23
V. DISCUSION.....	30
5.1. Producción de harina de la semilla.....	30
5.2. Propiedades nutricionales de acuerdo análisis bromatológico.....	31
VI. CONCLUSION.....	32
VII. LITERATURA CITADA.....	33

Índice de cuadros

	Pág.
Cuadro 1. Extracción de semilla	21
Cuadro 2. Harina producida por muestra (g)	22
Cuadro 3. Fibra Detergente Ácido	24
Cuadro 4. Fibra Detergente Neutro	25
Cuadro 5. Porcentaje de cenizas resultantes de las muestras	26
Cuadro 6. Proteína obtenida de las muestras	27
Cuadro 7. Grasa	28

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Localización de San Pedro De Las Colonias Torreón Coahuila	16
Figura 2. Peso de almendras diferenciado por color de vaina	22
Figura 3. Peso de goma diferenciado por tipo de vaina	23
Figura 4. Contenido de fibra con detergente ácido	24
Figura 5. Contenido de fibra detergente neutro	25
Figura 6. Contenido de cenizas obtenida por tipo de vaina	26
Figura 7. Cantidades de proteína por tipo de vaina	27
Figura 8. Cantidad de grasa por tipo de vaina	28
Figura 9. Resultados altamente significativos	29
Figura 10. Dispersión de cenizas y fibras	29

I. INTRODUCCION.

Desde épocas remotas, el mezquite (*Prosopis* spp.), ha constituido un recurso valioso para los habitantes de zonas áridas, quienes encontraron en él múltiples beneficios, ya que todas las partes de la planta son susceptibles de ser utilizadas. Ha sido considerado como un denominador cultural común para los pueblos nómadas de cazadores-recolectores que habitaron el norte de México y el sur de Estados Unidos (CONAZA, 1994).

El mezquite (*Prosopis* spp.) es un árbol o arbusto espinoso, perenne, que llega a medir de 40 cm. hasta 10 m de altura, de acuerdo a la profundidad del suelo. Es una leguminosa que pertenece a la familia botánica de las Mimosáceas. Posee raíces que pueden penetrar a grandes profundidades en busca del agua. Su origen fitogeográfico se ubica en África donde persiste como una sola especie: *Prosopis* africana, con características poco especializadas (Dávila, 1983).

A nivel mundial existen 44 especies del género *Prosopis*, 42 de las cuales se encuentran en el continente americano, distribuidas en dos grandes centros: el norteamericano (mexicano-tejano) y el suramericano (argentino-paraguayo-chileno). El complejo norteamericano, cuenta con 9 especies, una con 2 variedades, todas ellas presentes en México y su distribución geográfica es muy amplia, las especies más comunes son: *Prosopis juliflora*, *P. Palmeri* (palo fierro), *P. laevigata*, *P. glandulosa* y *P. pubescens* (Rzedowski, 1988).

Los estados de la república que destacan por su producción forestal de mezquite son: Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León. De menor importancia son los estados de Aguascalientes, Baja California Sur, Chihuahua, Jalisco, Oaxaca, Querétaro y Sinaloa (Rzedowski, 1988).

En ecosistemas semidesérticos de México, pocas son las alternativas de producción que pueden derivarse de las especies que se desarrollan de manera natural con baja disponibilidad de agua. El aprovechamiento de especies nativas como candelilla (*Euphorbia antisiphylitica*), oregano (*Lipia graveolens*), lechuguilla (*Agave lechequilla*) y mezquite (*Prosopis* spp) son algunos ejemplos (Villanueva et al., 2004).

En épocas pasadas, los bosques de mezquite o mezquiteras ocupaban grandes extensiones en México, la Secretaría Forestal y de la Fauna (SFF) informó en 1980 la existencia de aproximadamente 130 millones de hectáreas de matorral desértico micrófilo en las cuales las leguminosas forestales se desarrollan formando importantes asociaciones. Sin embargo, debido al aprovechamiento desmedido del huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd) y el mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.), para la producción de carbón principalmente, se pierden hasta 600 ha/año (Foroughbakhch, 1981; Villarreal et al., 2013).

En México la mayor densidad de mezquiales (o mezquiteras) se concentra principalmente en el estado de Sonora, aunque también abunda en los estados de Durango, San Luis Potosí, Coahuila, Chihuahua, Nuevo León, Tamaulipas y Zacatecas (Rodríguez y Maldonado, 1996).

En la actualidad, el mezquite es un recurso de importancia para los pobladores de las regiones áridas, quienes llevan a cabo su aprovechamiento como una actividad complementaria a la agricultura, la ganadería y la explotación de otras especies silvícolas. Sin embargo, en muchas áreas del país su densidad poblacional ha disminuido severamente, por lo que resulta necesario fomentar un aprovechamiento sustentable, que conlleve a generar beneficios económicos para los poseedores de este recurso, sin el deterioro y desaparición de las poblaciones (Maldonado y De la Garza, 2000).

La importancia ecológica del mezquite es indiscutible; por una parte juega un papel importante en el medio ambiente como planta fijadora de nitrógeno, enriquece el suelo a su alrededor, promueve el crecimiento de matorrales asociados a ella y por tanto previene la erosión del suelo; así mismo actúa como planta nodriza de numerosas especies de aves y roedores (Golubov et al., 2001).

Objetivo.

Realizar un estudio proximal de las propiedades de la almendra de *Prosopis* spp. como determinante para alimentación en humanos.

Hipótesis.

H₀ La goma de *Prosopis* spp. es uno de las mejores fuentes de proteína para alimentación en humanos.

H₁ La goma de *Prosopis* spp. no es uno de las mejores fuentes de proteína para alimentación en humanos.

II. REVISIÓN DE LITERATURA:

2.1. Gomas.

Los almidones, pectinas, Galactomananos y los exudados, como la goma arábica y la goma de mezquite, son sustancias de origen vegetal de amplia utilización en las industrias alimentaria, farmacéutica, textil, cosmética y vinícola. Las propiedades funcionales de las gomas o hidrocoloideos son las que determinan su aplicación específica en la industria. Los criterios empleados para estudiar las propiedades funcionales son su habilidad para encapsular aromas, sabores, pesticidas, fármacos (propiedades encapsulantes); su capacidad para enlazar moléculas de agua y grasa (propiedades emulsificantes); su efecto sobre la reología y su textura; capacidad para formar geles y efectos sobre la cristalización (Beristain et al., 1996).

Algunos biopolímeros, principalmente proteínas y polisacáridos solubles en agua, han encontrado múltiples aplicaciones como agentes estabilizantes y texturizantes en un amplio rango de productos alimenticios. El uso funcional de estos hidrocoloideos está relacionado con su capacidad de incrementar la viscosidad de sistemas acuosos, a sus propiedades para formar geles, así como a su capacidad para estabilizar partículas coloidales diversas (1-100nm) a las que dispersan o emulsifican (Vernon-Carter y Sherman, 1980; Garti y Lesser, 2001).

Tradicionalmente, la goma de mezquite (resina) 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 esa goma que se colecta para su comercialización en esta región mexicana no excede 2 ton/año. En San Luis Potosí, la goma de *P. laevigata* se ha comercializado para su uso en la industria de refrescos. Además de la goma de la corteza del mezquite, del endospermo de la semilla se obtiene un polisacárido de la familia de las Galactomananos (Goycoolea et al., 2001).

A esta familia pertenecen las gomas guar (*Cyamopsis tetragonolobus*), tara (*Caesalpinia spinosa*) y la de semilla de algarrobo (*Ceratonia siliqua*), utilizadas ampliamente en la industria de alimentos como agentes espesantes y como estabilizantes de helado y otros productos (Fox, 1997).

Se ha demostrado que la galactomanana del mezquite, al igual que las de uso industrial, tiene capacidad de formar geles sinérgicos con otros polisacáridos, como la goma xantano (Goycoolea et al., 1995).

La disponibilidad de goma de mezquite (resina) en cantidades suficientes para asegurar una producción tal que pueda satisfacer la demanda actual y poder competir por el mercado de la goma arábica, es el principal obstáculo a fin de poder impulsar la inversión de capital en esta actividad. En los estados mexicanos de Sonora y San Luis Potosí se han llevado a cabo estudios cuantitativos para estimar la disponibilidad de goma de mezquite en los bosques de mezquital, es decir, en poblaciones silvestres. Sonora, en el noroeste de México, tiene una extensión de 184934km², con el 70% de superficie desértica y semidesértica (CONAFOR, 2002).

Los mezquiales están distribuidos en casi todo el estado. Sin embargo, las masas arboladas de mezquite como especie dominante, y con potencial de aprovechamiento, se encuentran en bajíos y áreas ribereñas principalmente, aunque en algunas planicies se aprecian poblaciones importantes de mezquite en asociación con otras especies (CONAFOR, 2002).

Además de la seguridad en la disponibilidad y producción de goma de mezquite, es necesario contar con criterios de clasificación y especificaciones de calidad que permitan establecer un sistema de precios similar al que existe para la goma arábica. En este sentido, se han propuesto criterios de clasificación manual de la goma de *P. velutina* de Sonora (Córdova, 2004).

La goma de mezquite tiene habilidad para encapsular aceite de naranja (80,5%) en porcentajes un poco menores a los encontrados en la goma arábica (93,5%). Así también, la capacidad encapsulante de la goma arábica es ligeramente más alta que la de las gomas de mezquite nativa y de la baja en taninos (Goycoolea et al., 1998).

2.1.1. Gomas de mezquite.

El termino goma en sentido amplio se definen, como cualquier polisacárido o sus derivados soluble en agua, obtenidos de plantas terrestres, órganos vegetativos (tallos, ramas) y órganos reproductivos (semillas, frutos), de plantas marinas (algas), obtenidas de microorganismos y las vegetales químicamente modificadas (derivados de celulosa), que poseen la capacidad en solución de incrementar la viscosidad y/o formar geles. (Kirk-Othmer, 2012).

2.1.2. Exudados gomosos

Al estar expuesto al ataque de insectos, heridas mecánicas y en condiciones diversas de estrés fisiológico como calor y agua, el árbol de mezquite segrega un exudado o goma de color rojo ámbar y a veces oscuro, a nivel del cambio vascular, que previene la desecación del tejido y evita el ingreso de agentes patógenos (Greenwood y Morey, 1979).

Los exudados gomosos, son excretados por árboles que crecen en áreas tropicales y/o subtropicales como respuesta a un corte a nivel del tallo, remoción de ramas o por la presencia de insectos, bacterias u hongos (Jones y Smith, 1949).

Los exudados gomosos desde el punto de vista químico se han definido tradicionalmente como heteropolisacáridos ácidos de gran complejidad estructural y de alto peso molecular, constituidos por hexosas (galactosa, manosa, glucosa),

pentosas (arabinosa, xilosa), metilpentosas (ramnosa) y ácidos urónicos (ácidos glucurónico, 4-O-metil glucurónico y galacturónico) (León de Pinto y col., 1998).

2.1.3. La Goma Arábica

Se obtiene de la corteza de Acacia senegal y A. seyal, árbol nativo de la zona del Sahel, que bordea por el sur el desierto del Sahara en África y abarca una enorme extensión distribuida en varios países. Esta situación le otorga a esta zona el control de los precios y la producción mundial. La goma arábica se clasifica y purifica en diferente grado para su comercialización por empresas francesas, alemanas y estadounidenses, que a su vez lo exportan a todo el mundo (Secretaría de Economía, 2005).

2.2. Toxicología

La goma de mezquite contiene taninos como en contenidos de 0,5-2% (Goycoolea et al., 1998).

Lo que se ha considerado como una limitante para su aplicación en la industria alimenticia debido a su posible toxicidad (Anderson y Weiping, 1989).

Sin embargo, en México su uso en alimentos fue aprobado por la Secretaría de Salud (Secretaría de Salud, 1996).

La autorización fue otorgada después de tres pruebas toxicológicas y una prueba mutagénica, llevada a cabo en ratas Wistar alimentadas con una dieta a base de goma de mezquite con un contenido de taninos de 1,92% y comparada con otras dos dietas, una con goma arábica comercial y otra con celulosa. Los resultados mostraron que las ratas no fueron afectadas por la inclusión de goma de mezquite en la dieta. Estudios post-mortem no indicaron diferencia estadística entre las tres dietas en cuanto al crecimiento, desarrollo y supervivencia de las ratas. El

ensayo de mutagénesis indicó que el exudado de mezquite no indujo ningún tipo de mutagenicidad, es decir que no presentó actividad carcinogénica (Vernon-Carter et al., 1996).

2.3. Gomas Derivadas De Semilla (Galactomananos)

Los Galactomananos son muy versátiles presentan diferentes aplicaciones tales como espesantes, estabilizadores de emulsión, formación de película, y como inhibidores de la cristalización y sinéresis; además de la industria de alimentos tienen aplicación en varios campos productos farmacéuticos, cosméticos, cuidado personal, textil, papel, minería, explosivo, y perforación de yacimientos petroleros (Nussinovitch, 1997).

Los Galactomananos se obtienen de las semillas de distintas leguminosas. La semilla presenta morfológicamente tres componentes: la testa que constituye el 30-33% del total de la semilla, el cotiledón, aproximadamente el 23-25%, y el endospermo el 42-46% (Neukom, 1988).

Son ampliamente usados en la industria alimentaria como agentes espesantes, gelificantes, estabilizadores de diferentes tipos de dispersiones, fibras dietarias, inhibidores de la cristalización e incluso como emulsionantes (Seisun, 2012).

El tejido de reserva de la semilla es el endospermo, el cual está compuesto de aleurona y endospermo harinoso. Los depósitos de Galactomananos se encuentran en las paredes de las células del endospermo con una concentración de 35 a 85%, cantidad que depende de la especie, lugar de origen de la semilla y método de separación (Buckeridge y col., 2000).

Para la extracción del Galactomananos se realiza la separación de los componentes de la semilla, endospermo y testa. Sin embargo, todavía no se ha

establecido un método eficiente en una planta experimental o a escala industrial. Se tiene conocimiento de tres técnicas experimentadas a nivel de laboratorio: el método alcalino, ácido y de tostado, con rendimientos variables (Galera, 2000).

Varios estudios sugieren que las diversas técnicas utilizadas en la extracción del Galactomananos, inciden en las propiedades funcionales de éste, diferencia que depende fundamentalmente de la estructura que presenten, es decir, el grado de sustitución de las unidades de galactosa en la cadena de manosa (Panegassi y col., 2000).

La relación de sustituciones de galactosa no sólo describe la estructura de los Galactomananos, sino que además tiene un papel significativo en sus propiedades funcionales, como condiciones de hidratación, capacidad de retención del agua y comportamiento reológico. Dentro de este último la viscosidad es el criterio de calidad fundamental para los agentes de espesamiento y ésta difiere entre un Galactomananos y otro (Cheng y col., 2002).

Estas gomas poseen la capacidad de absorber agua y forman soluciones acuosas altamente viscosas y estables a bajas concentraciones de polisacárido; debido a la ausencia de grupos ionizables, su comportamiento no depende del pH, son muy estables en un amplio rango de pH 3,5 y 11. Se ha evidenciado que a valores de pH menores o iguales a 3, los Galactomananos pierden sus propiedades, se degradan por hidrólisis (Sittikijyothin y col., 2005).

La goma guar es el Galactomanano de mayor importancia comercial, debido a su disponibilidad y ausencia de toxicidad, es usado en la industrias farmacéutica, cosmética, biomédica y ampliamente utilizados como aditivos alimentarios (estabilizante) (Srivastava y Kapoor, 2005).

2.4. Caracterización fisicoquímica de las gomas

La caracterización fisicoquímica de las gomas requiere el conocimiento de los parámetros analíticos (humedad, ceniza, viscosidad intrínseca, rotación específica, contenido de nitrógeno, contenido de proteína, masa molar, composición de azúcares, etc), los cuales en conjunto constituyen la “huella dactilar” que permite caracterizar una especie determinada y confirmar su ubicación en un género y diferenciar especies y subespecies (Verbeken, 2003).

2.4.1. Viscosidad

La viscosidad es una de las propiedades más importantes de las soluciones poliméricas. Esta propiedad depende de la estructura química del polímero, de las interacciones con el disolvente y del peso molecular (Dautzenberg y col., 1994).

Normalmente, una molécula de alto peso molecular en un buen disolvente adquiere un gran volumen hidrodinámico y la viscosidad de la solución aumenta. En el caso de los poli electrolitos, el volumen hidrodinámico depende, no sólo del peso molecular, sino también del número y distribución de grupos iónicos en la cadena del polímero. Los grupos iónicos pueden causar repulsión entre las cadenas, lo cual da lugar a una expansión de la molécula y, en consecuencia, un incremento de la viscosidad de la solución. (Dautzenberg y col., 1994).

2.4.2. Propiedades Emulsificantes

La aplicación industrial de polímeros naturales se fundamenta en la capacidad para modificar las propiedades reológicas de los sistemas acuosos. Estos hidrocoloides tienen la propiedad de inmovilizar las moléculas de agua a través de sitios específicos hidrófobos e ionizables presentes en su estructura. Los hidrocoloides que contienen proteína (gelatina, goma arábiga, goma de mezquite)

son buenos estabilizadores, ya que tienen suficientes grupos hidrofóbicos para actuar como puntos de anclaje o unión. Así mismo, contienen muchos grupos hidrofílicos para reducir la tensión de superficie en una interfase líquido-líquido o líquido-gas. (Vernon-Carter et al., 1980)

Se ha supuesto que el mecanismo de emulsificación está estrechamente relacionado con el contenido de proteína de la goma, demostraron que la goma de mezquite con 0,49% de nitrógeno forma emulsiones más estables que las gomas arábicas y otras especies de acacias con contenidos de nitrógeno de 0,35% y 0,36%, respectivamente. (Vernon- Carter et al., 1998), como es el caso de la goma arábica (Dickinson et al., 1988).

2.5. La Semilla

La semilla de *Prosopis* corresponde aproximadamente al 9% del peso total de la vaina y presenta morfológicamente tres componentes: la testa que constituye el 20% del total de la semilla, el cotiledón, aproximadamente el 48%, y el endospermo el 32% (Galera, 2000).

El tejido de reserva de la semilla es el endospermo, el cual está compuesto de aleurona y endospermo harinoso. Los depósitos de Galactomananos se encuentran en las paredes de las células del endospermo harinoso con una concentración de 45 a 85%, cantidad que depende de la especie y lugar de origen de la semilla (Buckeridge et al., 2000).

Los Galactomananos están constituidos por unidades de manosa y galactosa y presentan una estructura molecular lineal formada por cadenas de D-manosa con enlaces en posición b-1,4 en la cual se unen varias ramas de D-galactosa mediante enlaces (1,6) cada cuatro o cinco manosas (Fennema, 1993).

Estos poseen la capacidad de absorber agua y forman soluciones acuosas altamente viscosas y estables, motivo por el cual se les denominan hidrocoloides, mucílagos o gomas (Badui, 1999).

Estos polisacáridos son ampliamente usados en las industrias agroquímica, cosmética, farmacéutica, textiles y adhesivos (Braun y Rosen, 2010).

2.6. Desierto

México posee una amplia extensión de zonas áridas y semiáridas, alrededor de 56 y 23 millones de hectáreas, respectivamente, que en conjunto, representan más de 40% de la superficie total del territorio mexicano. Actualmente se encuentra establecido en más de 3.5 millones de hectáreas en el norte de México, en donde se ubica la zona de San Luis Rio Colorado. Estas zonas, se caracterizan por ser apropiadas para el desarrollo del mezquite, ya que esta especie, puede crecer en lugares con lluvias menores a los 100 mm anuales y soportar temperaturas máximas promedio superiores a 40 °C (Buckart, 1976).

En estas zonas se ha considerado que el cultivo del mezquite representa una alternativa de desarrollo agropecuario forestal que podría mejorar los niveles de vida del sector rural. Este recurso es abundante en Estados Unidos, México, Perú, Chile, Argentina, Brasil, Australia, Haití, Paquistán y en las partes áridas de la India (INE, 1994).

El mezquite por su parte, ha sido identificado como un recurso que puede ser aprovechado para mejorar los niveles de vida de las regiones, debido a su alto potencial económico que posee, pues su madera es usada como combustible, sus vainas como forraje y como alimento para el hombre; produce resina que tiene uso en la fabricación de pegamentos, barnices, mientras sus flores son importantes en la producción de miel (CONAFOR, 2009).

2.7. Especie Nativa

La importancia ecológica del mezquite es indiscutible; por una parte juega un papel importante en el medio ambiente como planta fijadora de nitrógeno, enriquece el suelo a su alrededor, promueve el crecimiento de matorrales asociados a ella y por tanto previene la erosión del suelo; así mismo actúa como planta nodriza de numerosas especies de aves y roedores (Golubov et al., 2001).

Por otro lado, esta planta se emplea en la obtención de madera, leña, carbón, miel; sus frutos (vainas) se utilizan en la elaboración de diversos alimentos para consumo humano y como forraje (Rodríguez y Maldonado, 1996).

2.8. Producción de harina de la semilla.

Durante los meses de junio a septiembre, es cuando se tiene la producción del fruto, y se estima que los árboles jóvenes generan aproximadamente de 20 a 25 kg de fruto por temporada. En la región se tiene antecedentes, que un árbol en etapa madura varía de 6 a 7 costales por temporada, con un peso aproximado de 20 kg cada uno (SEMARNAT, 2007).

Específicamente las vainas o frutos del mezquite han sido reconocidas por su alto valor nutricional. Se sabe que el pericarpio grueso y esponjoso tiene alto contenido de azúcares (52.14%) además de grandes cantidades de proteínas (39.34%) (Corona-Castuera, Gómez-Lorence, & Ramos-Ramírez, s.f.).

Se tiene conocimiento de que la vaina o péchita de mezquite, era incluida en la dieta de diferentes etnias de áreas desérticas y semidesérticas de México para la elaboración de panes. Así como en la alimentación del ganado bovino lechero, pues además de ser rico en fibra cruda, es uno de los forrajeros con mayor energía bruta. Algunos estudios por su parte han demostrado un contenido superior de proteínas

y minerales en comparación con harinas de trigo comerciales (Medina-Córdova, Espinoza-Villavicencio, Ávila-Serrano, & Murillo-Amador, 2013).

De las diversas fracciones de la vaina del mezquite se obtiene harinas integrales, jarabe, sustituto de café y proteína, particularmente en el norte del Perú (Becker y Grosjean, 1980).

2.9. Importancia Socio Económica

Los almidones, pectinas, Galactomananos y los exudados, como la goma arábica y la goma de mezquite, son sustancias de origen vegetal de amplia utilización en las industrias alimentaria, farmacéutica, textil, cosmética y vinícola. Las propiedades funcionales de las gomas o hidrocoloides son las que determinan su aplicación específica en la industria. Los criterios empleados para estudiar las propiedades funcionales son su habilidad para encapsular aromas, sabores, pesticidas, fármacos (propiedades encapsulantes); su capacidad para enlazar moléculas de agua y grasa (propiedades emulsificantes); su efecto sobre la reología y su textura; capacidad para formar geles y efectos sobre la cristalización (Beristain et al., 1996).

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 para su comercialización en esta región mexicana no excede 2ton/año. En San Luis Potosí, la goma de *P. laevigata* se ha comercializado para su uso en la industria de refrescos. Además de la goma de la corteza del mezquite, del endospermo de la semilla se obtiene un polisacárido de la familia de las galactomananos (Goycoolea et al., 2001).

A esta familia pertenecen las gomas guar (*Cyamopsis tetragonolobus*), tara (*Caesalpinia spinosa*) y la de semilla de algarrobo (*Ceratonia siliqua*), utilizadas ampliamente en la industria de alimentos como agentes espesantes y como estabilizantes de helado y otros productos (Fox, 1997).

Las galactomananas son polisacáridos neutros de estructura lineal formados por una cadena central de Dmanosa unidas por enlaces β (1 \rightarrow 4), a la cual se enlazan residuos de α (1 \rightarrow 6)-Dgalactosa en distinta proporción, dependiendo del origen botánico. Se ha demostrado que la galactomanana del mezquite, al igual que las de uso industrial, tiene capacidad de formar geles sinérgicos con otros polisacáridos, como la goma xantano (Goycoolea et al., 2001).

2.10. Agroecosistema de mezquite.

Para México, las experiencias agroecológicas no se reducen a la agricultura y la ganadería, atañen más a un manejo ecológicamente adecuado de los recursos naturales locales, incluyendo las áreas forestales (con bosques, selvas y matorrales) y la conservación de la agro-bio-diversidad. (Toledo, 2012). En el Desierto Chihuahuense y en específico la Región Lagunera, de los matorrales de mezquites y su manejo forestal surge la propuesta de “Huertas de Mezquite”, para un aprovechamiento integral del néctar de sus flores, sus vainas, sus semillas, su madera y los servicios ambientales (Blanco, 2018).

III. MATERIALES Y METODOS.

3.1. Localización del área de estudio

El estudio se realizó en el municipio de San Pedro de las Colonias, Coahuila. Se encuentra ubicado entre los paralelos 25°37' y 26°39' de latitud norte; 103°15' y 103°53' de longitud oeste con una altitud media de 1090 msnm. Colinda al norte con el municipio de Cuatro Ciénegas; al este con los municipios de Cuatro Ciénegas y Parras; al sur con los municipios de Parras, Viesca y Matamoros; al oeste con el municipio de Francisco I. Madero (INEGI, 2009).

Figura 1 Localización de San Pedro De Las Colonias Torreón Coahuila



3.2. Recolección de vaina

La recolección se realizó en el mes de junio del 2017. Se tomaron vainas sanas y maduras, caídas y de las ramas de 30 árboles, los cuales fueron seleccionados al azar en el predio, de acuerdo con (Ruíz, 2011).

3.2.1. Lavado y desinfectado de vaina

Los frutos se sumergieron en tinas con agua limpia y cloro al 5% para su desinfección, inmediatamente después de su recolección.

En seguida se enjuagaron 3 veces en agua corriente para eliminar el exceso del cloro y su olor característico.

3.2.2. Secado de vaina

Se tendieron las vainas al sol y alejadas del suelo con lonas de vinil, para impedir el acceso a insectos (hormigas). Este proceso se realizó durante 48 horas (dos días) para asegurar su proceso de secado.

3.2.3. Separado de vaina

Una vez secas, las vainas se separaron de forma manual colocando por un lado especie *Prosopis laevigata* y por otro las de *Prosopis glandulosa*, se consideraron también tres coloraciones de cada especie; rojas, intermedias (marmoleadas) y blancas. Lo que hizo un total de 6 muestras de 300 g; para su próxima molienda y extracción de almendras.

3.3 Extracción de semillas y preparación de harinas

Para este proceso se toma en cuenta el peso de la muestra para poder moler y así extraer la almendra para la elaboración de harina.

- Como primer paso se ponen a remojar 300g de la muestra a trabajar, ya sea de *P. glandulosa* o de *P. laevigata*, en un recipiente donde el agua las cubra. Esto se deja por 24 horas para ablandar el pericarpio o envoltura del fruto.
- Pasadas las 24 horas, las muestras fueron trituradas y colocadas en una licuadora casera a velocidad media, con agua potable hasta cubrir, por dos minutos.
- Con una coladera de cocina, maya normal se vacía la muestra para retirar el exceso de agua.
- El separado de almendras es minucioso, es muy importante observar detenidamente los restos de fibras y las cápsulas del endocarpio que pueden contener las “almendras” o semillas reales del mezquite.
- Para el caso de las semillas que no se alcanzaron a separar del endocarpio, se tienen que separar manualmente una por una con la ayuda de unas pinzas de disección.
- Finalmente se ponen las almendras sobre un papel secante y estarán listas para proceder a su molienda y así obtener la harina o goma de la semilla.

Preparación de harina

- Para la elaboración de las harinas se molieron las almendras en molino de martillos con criba del 0.02mm.
- Posteriormente se tamizó en maya del 0.02mm para dejar por un lado a la testa de la semilla y obtener el endospermo.

3.4. **Análisis bromatológico.** Método: (Irma Tejeda, 1985).

Determinación de la fibra con detergente neutro se utilizó 0.5 gramos de cada muestra de harina y una repetición. Se agregó 100ml de detergente neutro y se colocó la muestra dentro de un vaso de precipitado para posteriormente llevar al digestor y cuando empieza a hervir la muestra se cuenta una hora. Después se lleva a la extracción de líquidos y se captura la muestra en un filtro de tela y este se mete a la estufa para secar por 24hrs. La fórmula utilizada es la sig. P. Final – P. Inicial / muestra (100).

Determinación de la fibra con detergente ácido se utilizó 0.5 gramos de cada muestra de harina y una repetición. Se agregó 100ml de detergente ácido y se colocó la muestra dentro de un vaso de precipitado para posteriormente llevar al digestor y cuando empieza a hervir la muestra se cuenta una hora. Después se lleva a la extracción de líquidos y se captura la muestra en un filtro de tela y este se mete a la estufa para secar por 24hrs. La fórmula utilizada es la sig. P. Final – P. Inicial / muestra (100).

Determinación de cenizas se utilizó 2 gramos de muestra de harina y una repetición. Se metió la muestra dentro de crisoles y se llevó a la estufa, cada uno marcados para no perder las variedades, esto por 24hrs. Posteriormente se llevan las muestras por 5 minutos a un desecador de vidrio para estabilizar la temperatura y ahora si se pesan las muestras en balanza analítica y se aplica la sig. Fórmula. P. Final – P. Inicial / muestra (100).

Determinación de proteína o nitrógeno total. Se utilizó 0.1 g de muestra de harina y una repetición. En un matraz de fondo redondo se puso la muestra y se agregan .500 gramos de tiosulfato de sodio anhidro, 4ml de mezcla digestora, 1.1 mezcla catalizadora y 7 ml de agua destilada. Esto se lleva a destilar y se agrega sodio hidróxido 10.0N y 10ml de ácido bórico. A la muestra ya destilada se le agrega ácido sulfúrico hasta cambiar de color y a ese resultado se le aplica la sig. Fórmula : Cantidad de ácido S. utilizado x 0.05 N x 14 / muestra (6.25).

Determinación de grasas se utilizó 0.5 gramos de muestra de harina y una repetición. Las muestras se pusieron en un pedazo de papel envuelto en sí mismo tipo caramelo y se llevó a extractor de grasa en él se ponen recipientes receptores de la muestra de interés estos se pesan y se agregan 40ml de éter anhidro, esto por 4horas. Pasadas las horas recomendadas el éter ya ha sido sintetizado, ahora se pesan muestras recolectadas en los recipientes y se aplica la siguiente fórmula: P. Final – P. Inicial / muestra (100).

3.5. Análisis estadístico

El diseño experimental fue realizado totalmente al azar bifactorial, donde el primer factor es variedad con 2 variables (Prosopis Glandulosa y Prosopis Laevigata.), mientras que para el segundo factor es color con 3 variables (Blanca, Mármol y Roja). Se realizó 2 repeticiones para cada uno de los tratamientos. Se aplicó un análisis de varianza para interpretar si hay diferencias significativa en las propiedades de los frutos de Prosopis spp. sobre las variables en estudio **Fibra Detergente Ácido, Fibra Detergente Neutro, cenizas, proteína, grasa.**

La comparación de las medias se realizó por el método de Tukey, con un nivel de significancia (0.05, 0.01). En este análisis se buscó saber con qué propiedades nutritivas y con cuales podemos confiar para la toma de decisiones así como para su posterior procesamiento de goma.

IV. RESULTADOS.

Los resultados se presentan en el siguiente orden; primero la recolección de frutos o vainas en el predio para luego separar las semillas, en seguida se cuantifican las semillas obtenidas con sus pesos en gramos y finalmente la goma producida por cada muestra de las mismas. Por consiguiente se presentan los resultados del análisis nutricional para establecer sus propiedades alimenticias.

4.1. Recolección de frutos para extracción de semillas.

Se recolectaron en total 11 Kg. de vaina a partir de 30 árboles elegidos al azar. Siempre considerando que nuestra muestra sería de 300g. por lo que en promedio se cosecharon 366g por árbol.

4.2. Extracción de semilla.

La obtención de semillas fue variable, desde 36.3g hasta 57g; esto es para el caso de vaina roja y vaina blanca respectivamente, en *P. glandulosa*. En general fue mayor el peso de las almendras a partir de vainas blancas. Como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 1. Extracción de almendra

<i>Prosopis Spp.</i> 300g de muestra.						
variedad \ Color	Blanca		Mármol		Roja	
	Almendras	peso (g)	Almendras	peso (g)	Almendras	peso (g)
P. glandulosa	1932	57	1431	47.1	1104	36.3
P. laevigata	1902	53.1	1365	37.8	1903	47.4

En la siguiente gráfica se observa la marcada diferencia en la obtención de semillas a partir de vainas blancas y las otras muestras.

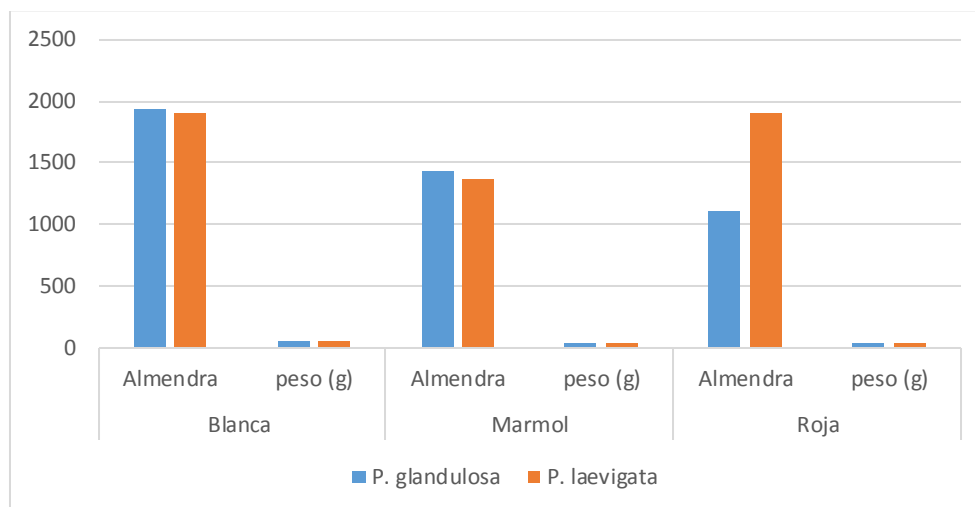


Figura No. 2 Peso de almendras diferenciado por color de vaina

4.3 Producción de goma de la semilla.

Al moler la semilla, no toda la harina es aprovechable para producción de goma así que después de ser molida se tamiza con maya 0.02mm para lograr la textura deseada, la relación de pesos de muestra molida y ganancia de goma se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Harina producida por muestra

Elaboración de Goma.						
variedad \ Color	Blanca		Mármol		Roja	
	Almendra (g)	Goma (g)	Almendra (g)	Goma (g)	Almendra (g)	Goma (g)
P. glandulosa	57	27.3	47.1	24.1	36.3	16.6
P. laevigata	53.1	28.1	37.8	14.8	47.4	27

La producción de goma fue desde 14.8 g hasta 28.1 g, coincidiendo nuevamente en el valor más alto con la vaina blanca, pero ahora el valor más bajo en la marmoleada y en *P. laevigata*. Sin embargo analizando los porcentajes de goma a partir de cada muestra, la vaina roja de *P. laevigata* obtiene un 56.90% frente al 52.91% de la vaina blanca de la misma especie.

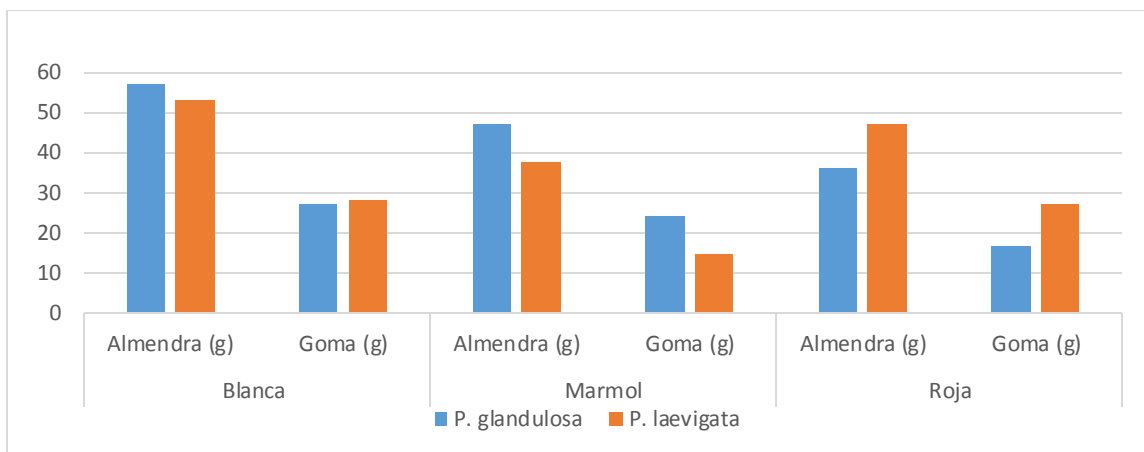


Figura No. 3 peso de goma diferenciado por tipo de vaina

4.4 Análisis bromatológico

El análisis bromatológico o también nombrado análisis proximal se realiza para saber las propiedades digeribles y nutritivas, en este caso de las semillas del mezquite, (*Prosopis glandulosa* y *P. laevigata*). Se muestran en seguida los resultados obtenidos.

Fibra Detergente Acido (FDA).

Para este parámetro, no se observó diferencia significativa ni entre las especies ni entre las variaciones en color. Ver el cuadro 3. Esto considerando que en *P. glandulosa*, la marmoleada presenta solo 18.5% mientras que la blanca alcanza 23.3% de FDA.

Cuadro 3. Fibra Detergente Acido.

Color \ Especie	Blanca	Mármol	Roja	Media
<i>P. glandulosa</i>	23.3	18.5	20.2	20.66
<i>P. laevigata</i>	20.1	20.9	20.2	20.43
Media	21.75	19.7	20.2	20.55

Estos datos resaltan en la siguiente gráfica, donde aparentemente el valor mínimo y máximo de fibra ocurren en la especie *P. glandulosa*.

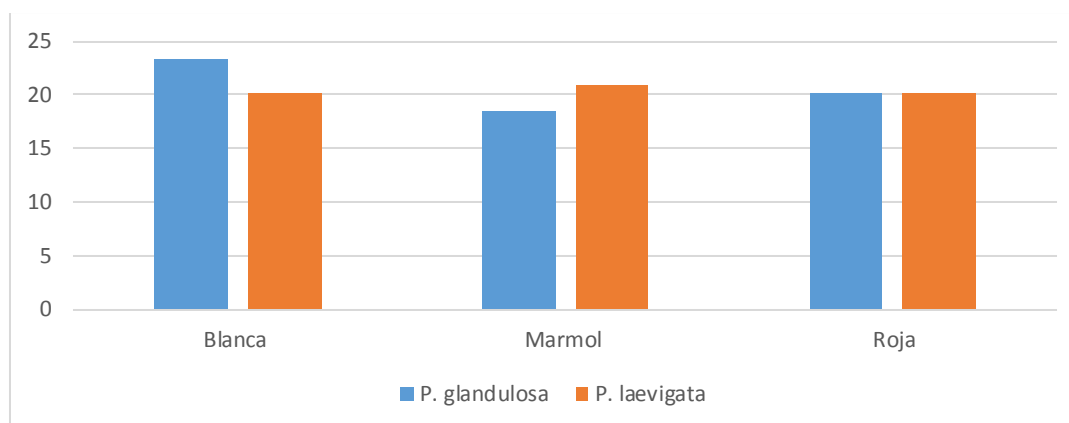


Figura No. 4 contenido de fibra con detergente ácido

Fibra Detergente Neutro

De acuerdo a los resultados se encontró diferencia significativa para el factor variedad mientras que para color e interacción no. Los resultados se muestran en el cuadro 4.

Cuadro 4. Fibra Detergente Neutro.

Especie	Color	Blanca	Mármol	Roja	Media
	P. glandulosa		53.8	54.8	54
P. laevigata		65	53.4	63.2	60.53
Media		59.4	54.1	58.6	57.36

La determinación FDN, encuentra diferencia significativa entre las especies, no así en los tipos de color de las vainas, como se observa en la siguiente gráfica.

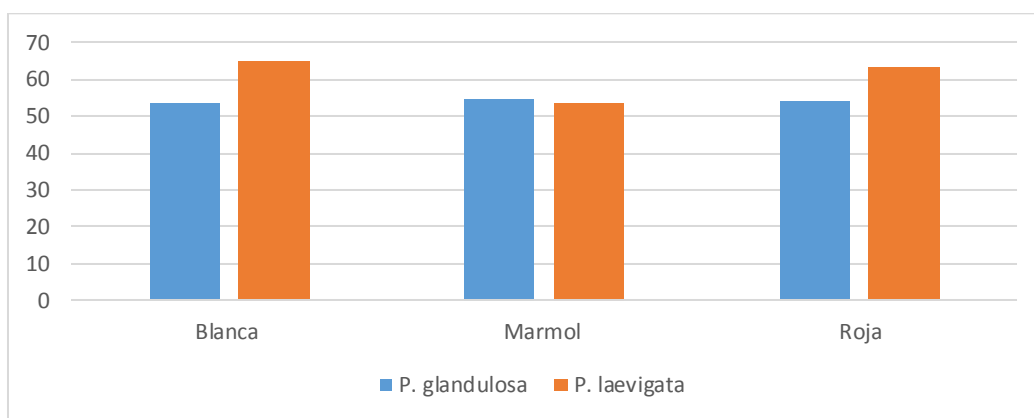


Figura No. 5. Contenido de fibra detergente neutro

Cenizas

De acuerdo a los resultados se encontró diferencia altamente significativa para Variedad y Color, y diferencia significativa para la interacción. Los resultados se muestran en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Porcentaje de cenizas resultantes de las muestras.

Especie \ Color	Blanca	Mármol	Roja	Media
P. glandulosa	3.90a	3.70ab	3.45bc	3.68 ^a
P. laevigata	3.80a	3.30dc	3.10d	3.4b
Media	3.85a	3.50b	3.27c	3.54

Para cenizas la variedad *P. glandulosa* está por encima de la otra especie. Detectando que el contenido de cenizas es mayor en vainas blancas como se muestra en la figura.

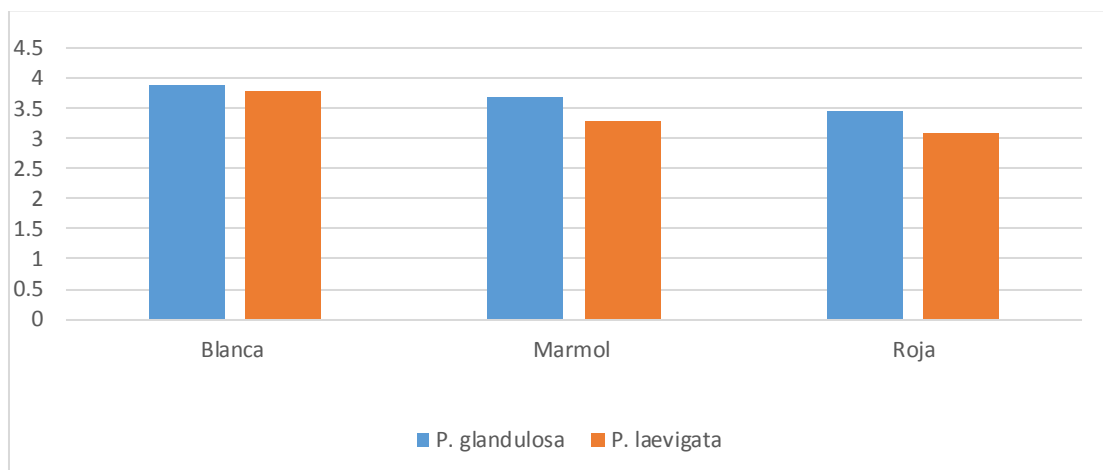


Figura No.6 contenido de cenizas obtenida por tipo de vaina.

Proteína

De acuerdo a los resultados no se encontró diferencia significativa para Variedad mientras que para Color se encontró diferencia altamente significativa y para la interacción solo diferencia significativa. Los resultados se muestran en el cuadro 6.

Cuadro 6. Proteína obtenida de las muestras.

Color Especie	Blanca	Mármol	Roja	Media
P. glandulosa	41.8ab	36.1 b	40.9 ab	39.60 a
P. laevigata	38.95 ab	36.55 b	43.8 a	39.76 a
Media	40.37 a	36.32 b	42.35 a	39.68

Estos datos se encuentran en la siguiente grafica donde el valor más alto es para P. laevigata roja con un 42.35 %, sobresaliendo de las demás vainas por muy poco porcentaje.

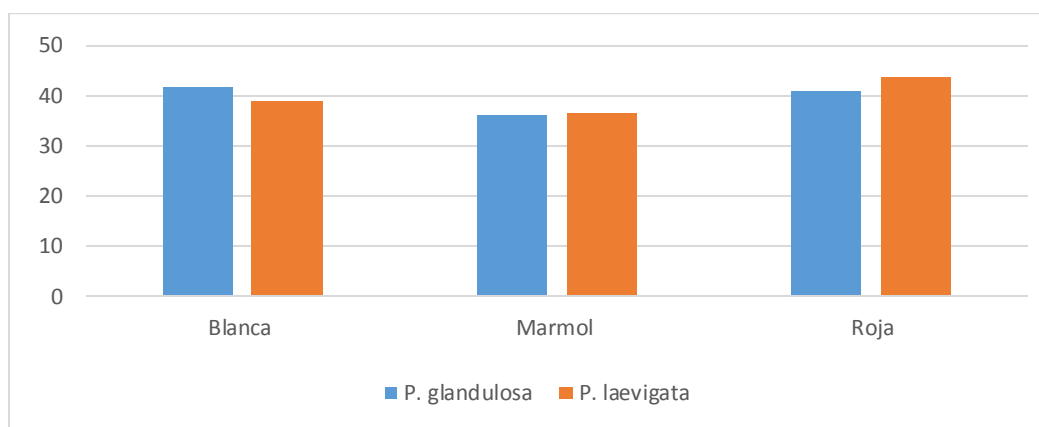


Figura No. 7 cantidades de proteína por tipo de vaina.

Grasas

De acuerdo a los resultados se encontró diferencia significativa para Variedad, mientras que para Color he interacción fue altamente significativa. Los resultados se muestran en el cuadro 7.

Cuadro 7. Grasas obtenidas de las muestras.

Especie \ Color	Blanca	Mármol	Roja	Media
P. glandulosa	5.4 bc	6.6 ab	5.8 bc	5.93 a
P. laevigata	4.5 c	5.9 bc	8.1 a	6.16 a
Media	4.95 b	6.25 a	6.95 a	6.05

En grasas se encontraron valores muy pequeños que van desde los 5.4% hasta 6.6% para *P. glandulosa* y desde 4.5% hasta 8.1% para *P. laevigata*.

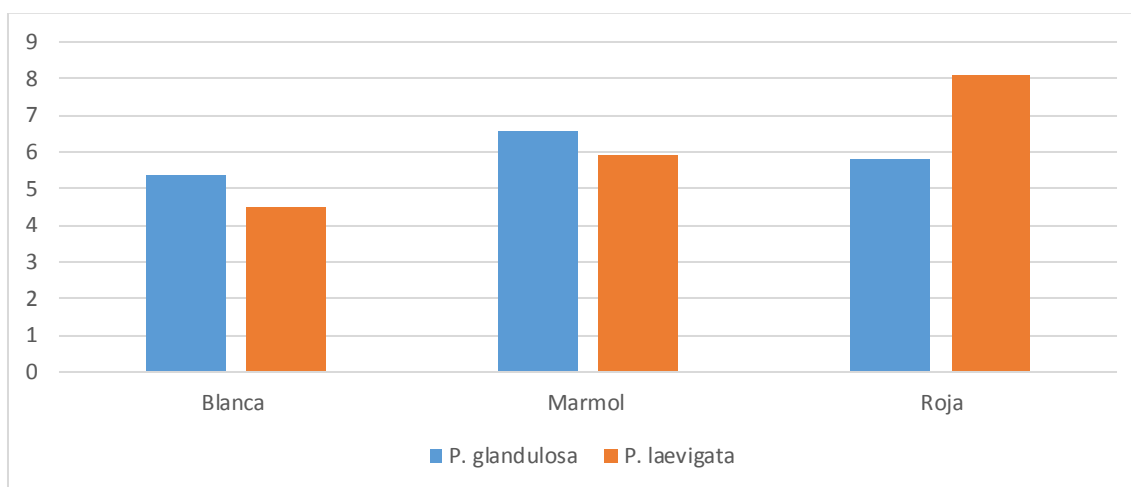


Figura No. 8 Cantidad de grasa por tipo de vaina

En general el análisis muestra un mayor rendimiento en proteína y fibras, quedando relegada la proporción de grasa y cenizas. Como se explica a continuación;

En la figura 9 se muestran las determinaciones con más alta diferencia significativa. Las cuales son proteína y grasa. La línea azul indica los resultados de proteína para ambas variedades, que van desde los 36.1% hasta 43.8% siendo este el valor sobresaliente. La línea naranja señala la cantidad de grasa en los 6 tratamientos y su dispersión entre ellos.

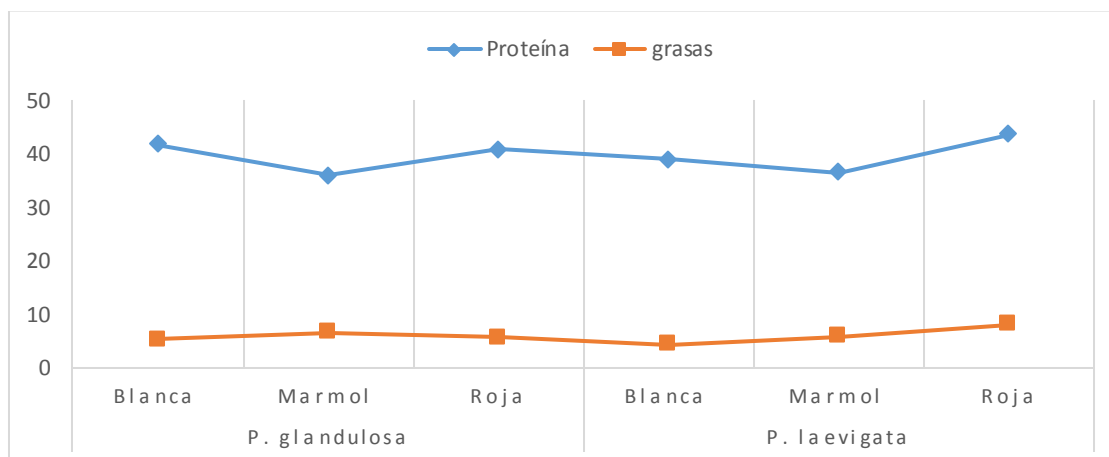


Figura No. 9 resultados altamente significativos.

En la siguiente figura se muestra la dispersión de las fibras y ceniza. No son muy variables entre sí, así que no hay diferencia significativa entre ellas para los tratamientos.

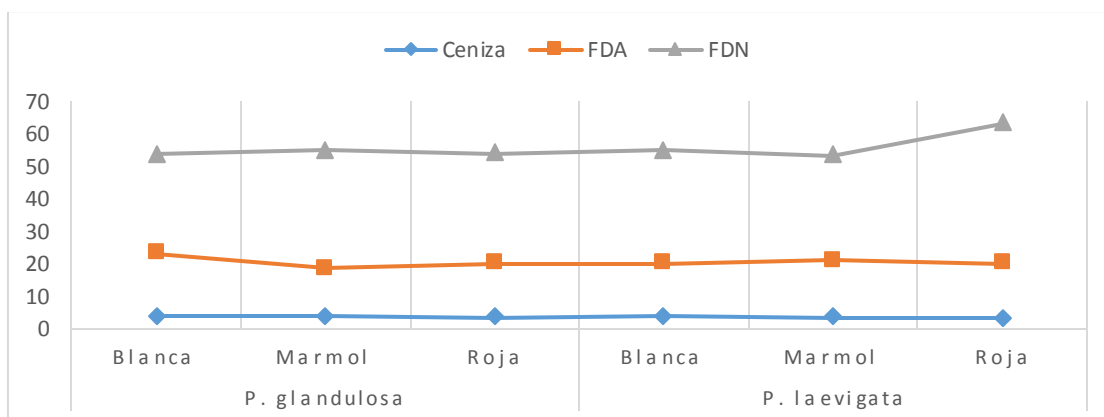


Figura No. 10 dispersión de los datos para cenizas y fibras

V. DISCUSIÓN.

5.1 Producción de harina de la semilla

El fruto del mezquite jugó un papel importante en la alimentación de algunos pueblos indígenas mencionando que los indios, Apaches y Chichimecas hacían una harina con los frutos secos con la que preparaban una especie de pasta, conocida actualmente como mezquitamal, señalando que también obtenían una harina llamada pinole la cual usaban para hacer atole de mezquite (Cerrud, 1967). Se retoma esta observación y la tradición del consumo de vainas para sugerir nuevamente como alimento la vaina, pero ahora adicionado con la harina de la semilla.

Se ha encontrado que con las semillas de la vaina del mezquite se produce una harina o goma similar a la goma guar, esta goma extraída de la semilla de 300g de fruto de mezquite, consiguiendo en promedio un 23% de harina aprovechable para diversos usos de acuerdo con (Arnero, 2015).

Así, la harina hecha de las semillas y vainas molidas del mezquite, ha sido probada en varias recetas que incluyen panes y galletas y han tenido resultados favorables. Por lo que otras investigaciones sugieren que el mezquite podría ser manejado como producto de cosecha agrícola múltiple, por producir vainas nutritivas, con semillas también nutritivas (Arnero, 2015).

Por otra parte Thwaites, citado por González (1964), reportó que las semillas del mezquite fueron utilizadas por algunas tribus indígenas de los Estados Unidos las cuales obtenían una harina que utilizaban en la confección de tortillas. Sin embargo, es muy probable que se estuviera refiriendo a las vainas.

En nuestro caso la obtención de semillas fue variable, desde 36.3g hasta 57g; esto es para el caso de vainas rojas y vainas blancas respectivamente, en *P. glandulosa*. En general el mayor peso es notable almendras de vainas blancas lo que coincide con (Martínez, 1959).

5.2. Propiedades nutricionales de acuerdo análisis bromatológico.

El análisis químico de los alimentos comprende métodos de análisis básicos que permiten identificar la cantidad de nutrimentos en su composición por ejemplo FDA, FDN, cenizas, proteína, grasa. Este análisis depende del tipo de alimento (Ortiz, 2006). La composición bromatológica de las vainas muestra diferencias ya que depende del área de colecta, el tipo de suelo pero sobretodo la especie aunque suelen compartir resultados homogéneos (Gómez, 2003).

En el caso de la goma o harina de la semilla *Prosopis* spp. , su estructura química contiene un promedio de 20.9% de FDA mientras que para FDN un 57% según nuestros resultados, estas dos determinaciones corresponden a fibras no digeribles por el humano, pero intervienen estructuralmente en nuestro procesos digestivo como lo mencionan (Rincón y col., 2005).

Cabe mencionar que para un mayor aprovechamiento de la proteína del mezquite se debe definitivamente aprovechar la harinas de las semillas molidas, ya que la concentración de entre el 38.95% y 43.8%. Al moler la vaina, en general se extrae solo la parte de carbohidratos y muchas de las semillas quedan intactas y son tratadas como residuos, por lo que no se aprovecha el contenido real de proteína (Arnero, 2015).

Finalmente, en la composición química de la almendra de *Prosopis* spp. se encuentran valores bajos para grasa (6.05%) y ceniza (3.54%); siendo también poco fluctuantes en los tipos y especies de las vainas.

VI. CONCLUSIÓN.

De acuerdo al análisis proximal realizado, las semillas de *Prosopis* spp., se puede decir que son aptas para el consumo humano, por la cantidad de sus nutrientes.

Los estudios en laboratorio mostraron ser altos en el porcentaje de proteína (39.68 %), niveles medios para FDA (20.55%) y FDN (57.36%) y bajos para las grasas (6.05 %) y cenizas (3.54 %).

La proporción proteínica y la presencia de fibras, naturales, colocan a la semilla como un alimento de buena calidad para las dietas actuales, con una población cada vez más sedentaria y con problemas de obesidad.

Se cumplió con el objetivo que se planteó en este proyecto y se demuestran las bondades de la semilla del mezquite, especie endémica de la parte norte de nuestro país, en especial con el estudio nutricional, que destaca su potencial alimenticio

Se aprueba la primera hipótesis de que el fruto mezquite en su semilla contiene valores elevados de proteína y es una de las mejores fuentes naturales para proveer de este elemento nutritivo a la población de herbívoros.

Se rechaza entonces la segunda hipótesis, al ser una buena fuente de nitrógeno total. Y por sus propiedades nutritivas observadas y cuantificadas en este estudio, se recomienda incluir el mezquite en nuestra dieta del día a día.

Se recomienda seguir ampliando la información sobre las propiedades nutricionales de esta goma de la semilla, así como sus posibles líneas de introducción en la producción de otros alimentos, al igual que la goma guar.

VII. LITERATURA CITADA:

- Anderson DMW, Weiping W. 1989. La caracterización de mezquite proteínico Prosopis gomas que no son aditivos alimentarios permitidos. Comida Hydrocoll. 3: 235-242.
- Arnero C., A., 2015. "La Vaina del mezquite (Prosopis spp.) En la alimentación de ganado". Tesis de título universidad de Torreón., Coahuila. Pp. 9-20.
- Badui, S. 1999. Química de los Alimentos. Editado por Pearson Educación. México. pp. 648.
- Becker R, Grosjean OK (1980) A compositional study of pods of two varieties of mesquite (Prosopis glandulosa, P. velutina). J. Agric. Food Chem. 28: 22-25.
- Beristain CI, Azuara E, García HS, Vernon-Carter EJ, 1996. Modelo cinético para absorción de agua / aceite de goma de mezquite (Prosopis juliflora) y goma arábica (Acacia senegal). En t. J. Food Sci. Technol. p- 379-386.
- Blanco, C. E. 2018. Modelo agroecológico para la producción integral sostenible del complejo mezquite, en el Desierto Lagunero. 1er. Congreso Nacional de Políticas, Programas y Proyectos para el rescate del Campo Mexicano. UACH, Texcoco, México.
- Braun D.B., & Rosen, M.R. (2010). Rheology Modifiers Handbook. Practical Use and Applications. New York: William Andrew Publishing.
- Buckeridge, M. H. Dos Santos y M. Tíne. 2000. Almacenamiento de pared celular polisacáridos en las semillas. Estructura, metabolismo, función y aspectos ecológicos. Plant Physiology and Biochemistry 38: 141-156.
- Buckeridge, M. M. Tíne, H. Dos Santos y D. De Lima. 2000. Polisacáridos de reserva de pared celular en semillas. Estructura, metabolismo, funciones y aspectos ecológicos.
- Burkart, A. 1976 A monograph of the genus Prosopis (Mimosoideae). Journal of Arnold. Arboretum, 57(3): 219–249.
- CERRUD, N.B., 1967. Ensayo de Erradicación del Mezquite Prosopis spp. con los Herbicidas esteren ten-ten y esteron mata-arbustos. Tesis Profesional, Escuela de Agricultura, Antonio Narro. pp. 3-6.

- Cheng, Y., Brown, K. M. y Prud'homme, R. K. 2002. Preparación y caracterización de fracciones de peso molecular de Galactomananos guar utilizando hidrólisis ácida y enzimática. *Revista Internacional de Biología Macromoléculas*, 31 (1-3), 29-35.
- COMISIÓN NACIONAL DE LAS ZONAS ÁRIDAS (CONAZA), 1994. Mezquite, *Prosopis* sp. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Comisión Nacional de las Zonas Áridas, Instituto de Ecología, México, 31 pp.
- COMISIÓN NACIONAL DE LAS ZONAS ÁRIDAS (CONAZA). 1994. Mezquite (*Prosopis* spp.). Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto Nacional de Ecología- 30.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2002. Diversificación productiva y aprovechamiento del mezquite *Prosopis* spp. En el estado de Sonora. Comisión Nacional Forestal. México.
- CONAFOR. 2009. Uso del mezquite como fuente de polisacáridos de alto valor agregado. Recuperado el 30 de abril de 2014, de: http://www.conafor.gob.mx/biblioteca/foros/Mezquite/USO_DEL_MEZQUITE_COMO_FUENTE_DE_POLISACARIDOS_DE_ALTO_VALOR_AGREGADO.PDF.
- SEMARNAT. 2007. Inventario Nacional Forestal y de Suelos. Corona, Castuera Francisco, Gómez-Lorence Federico, & Ramos-Ramírez Emma Gloria. s.f. Análisis químico proximal de la vaina del mezquite (*Prosopis glandulosa* var. *Torreyana*) en árboles podados y no podados, en diferentes etapas de fructificación. *Revista Chapingo*. I (1).
- Córdova, 2004. Clasificación y caracterización fisicoquímica de la goma de mezquite (chúcata) cruda y ultrafiltrada. Tesis. Universidad de Sonora. Hermosillo, Sonora, México. 110 pp.
- Dautzenberg, H., Jaeger, W., Kotz, J., Philipp, B., Seidel, cap. y Stscherbina, D. "Polyelectrolitos. Formación, 1994. Caracterización y Aplicación", Hanser Publishers, Munich, 224-226 pp.
- Dávila A., H., 1983. "La distribución del Mezquite en México". Segunda reunión nacional sobre ecología, manejo y domesticación de las plantas útiles del desierto. Subsecretaría Forestal. México.
- Dickinson E, Murray BS, Stainsby G, Anderson DMW (1988) Surface activity and emulsifying behaviour of some Acacia gums. *Food Hydrocolloid*. 2: 477-490.

- Fennema, O., 1993. Química de los Alimentos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España. 1095 pp.
- Foroughbakhch, P. 1981. Tratamiento a la semilla de catorce especies forestales de uso múltiple de zonas de matorral y su influencia en la germinación. Facultad de Ciencias Forestales. U.A.N.L. Linares, Nuevo León México 11: 1-20.
- Fox JE, 1997. Gomas de semilla. Agentes de engrosamiento y gelificación para alimentos. Balckie Academic & Professional. Londres. P- 262-283.
- Galera, F. 2000. Los algarrobos: Las especies del género *Prosopis* (algarrobos) de América Latina con especial énfasis en aquellas de interés económico. Graziani Gráfica. Córdoba, Argentina. 269 pp.
- Golubov J, Mandujano M, Eguiarte LE ,2001.La paradoja de los mezquites (*Prosopis* spp): invasión especie de potenciadores de la biodiversidad. Larva del moscardón. Mex. P- 21-28.
- Gómez V, C. 2003. Digestibilidad in vitro de dos variedades de mezquite. Tesis de título Ingeniero Agrónomo Zootecnista. UAAAN. Pp. 11-13.
- GONZALEZ, A., 1964. Los Recursos Espontáneos y su Economía. En: Beltrán, E. Las Zonas Áridas del Centro y Noroeste de México, Edición del IMRNR. México, D.F. pp. 78-80.
- Goycoolea FM, Calderón de la Barca AM, Balderrama JG, Valenzuela JR, Hernández G. 1998. Procesamiento y comportamiento funcional de goma de mezquite bajo en tanino. Gomas y estabilizadores para el Industria alimentaria. Royal Society of Chemistry. Cambridge. pp. 305-313.
- Goycoolea FM, Milas M, Rinaudo M, 2001. Asociativo fenómenos en galactomanano-desacilado sistema de xantano. Macromol. P-181-192.
- Goycoolea FM, Morris ER, Richardson RK, Bell AE 1995. Solución de reología de goma de mezquite en comparación con goma arábica. P- 37-45.
- Greenwood C, Morey P.1979. Gomosis en la miel Mesquite Larva del moscardón. Baz. 141: 32-38.
- INE (1994) Mezquite *Prosopis* spp. Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. Instituto Nacional de Ecología. México. 30 pp.
- INEGI. 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos San Pedro, Coahuila de Zaragoza.

- Jones, J. y F. Smith. 1949. Planta de gomas y mucílagos. Avances en Química de carbohidratos 4: 243.
- Kirk-Othmer. 2012. Enciclopedia de Tecnología Química. New Jersey. Wiley Interscience.
- León de Pinto, G., Martínez, M., Bolaño de, L.M. y Rivas, C. 1998. Las gomas de polisacárido de Acacia tortuosa. 47 (1), 53-56.
- MALDONADO A., L. J. y De la Garza P., F.E. 2000. El Mezquite en México: Rasgos de importancia productiva y necesidades de desarrollo. En: Frías H., J., Olalde P., V. y Vernon C., J. (Eds). 2000. El mezquite árbol de usos múltiples. Estado actual del conocimiento en México. Universidad de Guanajuato, México. Pp. 37-50.
- MARTINEZ, M., 1959. Plantas Útiles y Perjudiciales de la Flora Mexicana. Edición, Botas, México, D.F. pp. 298-280.
- Medina-Córdova Noe, Espinoza-Villavicencio, J, Ávila-Serrano, Y, Murillo-Amador, B. 2013. Interciencia, 38 (2). Recuperado el 15 de febrero de 2014 de: http://www.interciencia.org/v38_02/132.pdf
- Neukom, H. 1988. Goma de algarroba: propiedades y aplicaciones. Actas del II simposio internacional de algarroba, 551-555 pp, Valencia, España.
- Nussinovitch, A. 1997. Aplicacion de hidrocoloides. Tecnología de goma en la comida y otras industrias. Londres: Blackie Academic.
- Ortiz P, S, A. 2006. Determinación de la composición química proximal y fibra dietaria de 43 variedades criollas de maíz de 7 municipios del sureste del Estado de Hidalgo, Pp, 10-11.
- Panegassi, V. G. Serra y M. Buckeridge. 2000. Potencial tecnológico de Galactomananos de semillas de faveiro (*Dimorphandra mollis*) para uso industrial en alimentos. Cienc. Technol. Alimento. 20 (3): 115-124.
- Rincón, F., Oberto, A., León de Pinto G. (2005). Funcionalidad de la goma de *Enterolobium cyclocarpum* en la preparación de yogurt líquido semidescremado. Revista Técnica de la Facultad de Ciencias Veterinarias. Pp. 83-87.
- Rodríguez FC, Maldonado ALJ. 1996. De usos pasados, actuales y potenciales del mezquite en México. Madera de combustible semiárido y forraje consenso de construcción de árboles para los desposeídos. Centro de Recursos

- Forestales Semiáridos. Universidad Texas A & M. Washington, DC, EEUU. pp. 6.41-6.52.
- Ruíz T. D. R. 2011. Tesis 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. San Luis Potosí, S.L.P.
- Rzedowski, J., 1988. "Análisis de la distribución geográfica del Complejo Prosopis en Norteamérica", *Acta botánica Mexicana*, núm. 3, México, pp. 7-9.
- Secretaría de Economía. 2005. Importaciones por país para la subpartida 1301.20 (Goma arábiga.). Secretaría de Economía. México.
- Secretaria de Salud. 1996. Comunicación DGCSBS/401/0286/96. Secretaria de Salud. México.
- Seisun, D. 2012. Sobre la vista del mercado de hidrocoloides de alimentos. Williams & G.O. Phillips, *Gums and Stabilizers for the Food Industry* 16 (pp. 3-8). Cambridge: Royal Society of Chemistry Publishing.
- SFF. 1980. Instituto Nacional de Ecología. Disponible en: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/72/localiza.html>.
- Sittikijyothin, W., Torres, D., y Gonçalves, M.P. 2005. Modelando el comportamiento reológico de soluciones acuosas de Galactomananos. *Polímeros*, 59, 339-350.
- Srivastava, M. y Kapoor, V.P. 2005. Galactomananos de semillas: una visión general. En *Chemistry & Biodiversity*, 2, 295-317.
- Tejeda H.I. 1985. Manual de laboratorio para análisis de ingredientes utilizados en la alimentación animal. La reimpresión. Ed. PA.I.E.P.E.M. México, D.F.
- Toledo V. M., 2012. La agroecología en Latinoamérica: tres revoluciones, una misma transformación. *Agroecosistemas*, 6:37-46.
- Verbeken, S; Dierckx, S; Dewettinck, K. 2003. Gomas exudadas: Ocurrencia, producción y aplicaciones. *Appl. Microbiology Biothechnology*, 63, 10-21.
- Vernon-Carter EJ, Gómez SA, Beristain CI, Mosqueira G, Predroza-Islas R, Moreno-Terrazas RC (1996) Heat degradation and coalescence kinetics of Aztec marigold oleoresin-in-water emulsions stabilized by mesquite or arabic gums and their blends. *J. Texture Studies*. 27: 625-641.

- Vernon-Carter EJ, Gómez SA, Beristain CI, Mosqueira G, Predroza-Islas R, Moreno-Terrazas RC. 1996. Degradación del calor y cinética de coalescencia de la oleorresina de caléndula azteca emulsiones en aguas estabilizadas por mezquite o las encías árabes y sus mezclas. *Estudios de textura*. 27: 625-641.
- Vernon-Carter EJ, Sherman P, 1980. Propiedades reológicas y aplicaciones del árbol de mezquite (*Prosopis juliflora*) goma. Propiedades reológicas y aplicaciones de soluciones de goma de mezquite. *Estudios de textura*. P-339-349.
- Villarreal, J., A. Rocha, M. Cárdenas, S. Moreno, M. González y V. Vargas 2013. "Caracterización morfométrica, viabilidad y germinación de semillas de mezquite y huizache en el noreste de México." *Phyton (Buenos Aires)* 82: 169-174.
- Villanueva D., J., R. Jasso I., G. Gonzalez C., I. Sanchez C. y C. Potisek T. 2004. El mezquite en la Comarca Lagunera: alternativa de producción integral para ecosistemas desérticos. INIFAP. CENID-RASPA. Folleto científico No.14. Gomez Palacio Dgo. México. 35 p.