



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL
DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD DURANGO

Propuesta para el uso del mezquite (*Prosopis laevigata* [Humb. et Bonpl. ex
Willd] m. c. Johnston) en el ejido Pasaje, Cuencamé, Durango

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRIA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PRESENTA

BRENDA JESMIEL PEREDA GUTIÉRREZ

DIRECTORAS DE TESIS

DRA. MARTHA ROSALES CASTRO

DRA. MARIA ELENA PÉREZ LÓPEZ

Victoria de Durango, Dgo., Agosto 2021



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-13
REP 2017

*ACTA DE REGISTRO DE TEMA DE TESIS
Y DESIGNACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS*

Ciudad de México, a de del

El Colegio de Profesores de Posgrado de en su Sesión

No. celebrada el día del mes de (Unidad Académica) conoció la solicitud presentada por el (la) alumno (a)

Apellido Paterno:	PEREDA	Apellido Materno:	GUTIÉRREZ	Nombre (s):	BRENDA JESMIEL
-------------------	--------	-------------------	-----------	-------------	----------------

Número de registro:

del Programa Académico de Posgrado:

Referente al registro de su tema de tesis, acordando lo siguiente:

1.- Se designa al aspirante el tema de tesis titulado:

Objetivo general del trabajo de tesis

2.- Se designa como Directores de Tesis a los profesores:

Director: 2° Director:

No aplica:

3.- El Trabajo de investigación base para el desarrollo de la tesis será elaborado por el alumno en:

que cuenta con los recursos e infraestructura necesarios.

4.- El interesado deberá asistir a los seminarios desarrollados en el área de adscripción del trabajo desde la fecha en que se suscribe la presente, hasta la aprobación de la versión completa de la tesis por parte de la Comisión Revisora correspondiente

Director(a) de Tesis

Dra. Martha Rosales Castro

Aspirante

Brenda Jesmiel Pereda Gutiérrez

2° Director de Tesis (en su caso)
Dra. Maria Elena Pérez López

Presidente del Colegio

Dr. Edilberto Sánchez Ortiz





INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14
REP 2017

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de Durango, Durango siendo las 18 horas del día 23 del mes de Junio del 2021 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: CIIDIR DURANGO para examinar la tesis titulada:

Propuesta para el uso del mezquite (*Prosopis laevigata* [humb et bonpl. ex wild] m. c. Johnston) en el Ejido Pasaje, Cuencame, Durango de la alumna:

Apellido Paterno:	<u>Pereda</u>	Apellido Materno:	<u>Gutiérrez</u>	Nombre (s):	<u>Brenda Jesmiel</u>
-------------------	---------------	-------------------	------------------	-------------	-----------------------

Número de registro: B190224

Aspirante del Programa Académico de Posgrado: Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 30 % de similitud. Se adjunta reporte de software utilizado.

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo SI NO SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.

JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:

El % de similitud se localiza en definiciones, antecedentes del Ejido Pasaje, algunas metodologías y citas bibliográficas. Todos están adecuadamente referidos a las fuentes originales.

**Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio, y del Director o Directores de tesis el análisis del % de similitud para establecer el riesgo o la existencia de un posible plagio.

Finalmente y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron APROBAR SUSPENDER NO APROBAR la tesis por UNANIMIDAD o MAYORÍA en virtud de los motivos siguientes:

Se aprueba por unanimidad---

COMISIÓN REVISORA DE TESIS

Dra. Martha Rosales Castro
Director de Tesis

Dra. Yolanda Lira

Dr. Marco Antonio G...

Dra. Marié Elena Pérez López
2º Director de Tesis

Dr. Miguel Mauricio Cornejo Ramírez

CIIDIR DURANGO
I.P.N.



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de Durango, Dgo., el día **04** del mes de **Agosto** del año **2021**, el que suscribe **Brenda Jesmiel Pereda Gutiérrez** alumno del Programa de **Maestría en Ciencias en Gestión Ambiental**, con número de registro **B190224**, adscrito al **Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional Unidad Durango. CIIDIR-IPN Unidad Durango**, manifiesta que es el autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección de la (**Dra. Martha Rosales Castro**) y del (la) (**Dra. María Elena Pérez López**) y cede los derechos del trabajo titulado "**(Propuesta de uso del mezquite (*Prosopis laevigata*) [humb et bonpl. Ex willdx willd] m.c. Johnston) en el ejido Pasaje, Cuencamé, Durango)**", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o directores del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones jesmi_bpg@hotmail.com, mrciidirdgo@yahoo.com y maelena0359@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Brenda Jesmiel Pereda Gutiérrez
NOMBRE COMPLETO DELALUMNO

EL TRABAJO QUE SE PRESENTA A CONTINUACIÓN SE REALIZÓ EN EL CENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO INTEGRAL REGIONAL UNIDAD DURANGO, EN LOS LABORATORIOS DE FITOQUÍMICA Y CIENCIAS AMBIENTALES, BAJO LA DIRECCIÓN DE LA DRA MARTHA ROSALES CASTRO Y LA DRA MARÍA ELENA PÉREZ LÓPEZ.

DEDICATORIA

A DIOS : Por darme el don más grande que puede existir: la vida.

A MIS PADRES : Agustín Pereda López y Andrea Gutierrez Díaz, por darme la vida, por sus incansables sacrificios y por sus infinitos esfuerzos para ser de mi lo que ahora soy, por sus valiosos consejos y por darme la mejor herencia que puede existir: mi profesión.

A MI HIJO: Rommel Emiliano por ser mi mayor tesoro, la fuente más pura de inspiración y por llenar de alegría mis pensamientos con su ternura e inocencia.

A ÈL, siendo de mis mayores motivaciones encaminada al éxito, fue el ingrediente perfecto para poder alcanzar esta dichosa victoria en la vida, una persona que se preocupó por mí en cada momento y que siempre quiere lo mejor para mí. Miguel

A Tere por ser aliada y amiga además de un gran ejemplo para no rendirse.

A Oxmar por su valiosa ayuda, por su paciencia para aceptarme y por ser ese niño tan motivado que dan ganas de seguir adelante con solo verlo.

A mis hermanos: Jacqueline, Eliezer y Kevin quienes siempre han formado parte importante de los recuerdos que me motivan.

A MIS AMIGOS (AS): A aquellos que sinceramente creyeron en mí y estuvieron a mi lado para darme palabras de aliento y apoyarme.

A MIS COMPAÑEROS DE GENERACION: Por auxiliarme y darme la oportunidad de vivir esta etapa de mi vida con ustedes.

“Una inversión en conocimiento siempre paga el mejor interés”

Benjamin Franklin

AGRADECIMIENTOS

A mi familia que siempre me han apoyado para que lograra mis metas y en este caso mi crecimiento profesional.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (**CONACYT**), por el apoyo económico otorgado para poder realizar mis estudios de maestría.

Al Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (**CIIDIR IPN Unidad Durango**) por la calidad de la formación académica que me proporcionó, así como la atención y amabilidad de todo el personal durante los dos años que participé como alumna.

A mi comité tutorial, agradezco de manera especial y sincera a la Dra. Martha Rosales Castro y Dra. María Elena Pérez López por aceptarme para realizar esta investigación, por todo el apoyo que me brindaron., desde la orientación académica, la toma de datos en campo y la conclusión de este trabajo, así como el conocimiento que compartieron conmigo durante el desarrollo de este trabajo de investigación. De igual manera a la Dra. Yolanda Lira y el Dr. Marco Antonio Garzón Zúñiga por su amabilidad y disposición para la revisión del trabajo de investigación.

Agradezco al **personal de laboratorio** que colaboró para que este proyecto pudiera ser llevado a cabo, así como a las personas que me ayudaron a la toma de datos en campo.

Al **Dr. Artemio Carrillo Parra** por su amabilidad y disposición que fueron de gran ayuda en esta investigación.

A los profesores del CIIDIR Unidad Durango por impartirme su conocimiento, Dr. Marco Antonio Márquez Linares, Dr. Gustavo Pérez Verdín y en especial a la M. C. Rebeca Álvarez Zagoya quien siempre estuvo al pendiente de mi avance.

ÍNDICE

RELACIÓN DE FIGURAS.....	vi
RELACIÓN DE CUADROS.....	ix
Glosario.....	vi
RESUMEN	¡Error! Marcador no definido.
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
2.1. Pasaje, Cuencamé, Durango	3
2.2. Mezquite.....	5
2.2.1. Importancia de la conservación del mezquite.....	6
2.2.2. Servicios ecosistémicos del mezquite	7
2.3. Biomasa vegetal	9
2.4. Composición química de la madera y corteza.....	11
2.4.1. Sustancias extraíbles en la madera	11
2.4.2. Lignina	12
2.4.3. Celulosa y hemicelulosa	12
2.5. Importancia económica de los extraíbles	13
2.6. Estudios realizados en mezquite	13
III. JUSTIFICACIÓN	19
IV. OBJETIVOS	20
4.1. Objetivo General.....	20

4.2. Objetivos específicos	20
V. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
5.1. Área de estudio	21
5.2. Diagnóstico del estado actual del desarrollo del mezquite.....	22
5.2.1. Determinación de la abundancia (densidad) del mezquite	22
5.2.2. Importancia social del mezquite.....	23
5.3. Composición química de los extractos de la madera de mezquite	24
5.3.1. Selección y colecta de las especies	24
5.3.2. Obtención y preparación del material de estudio.....	24
5.3.3. Obtención de extractos totales	25
5.3.4. Obtención de extractos solubles en etanol al 70% y agua	26
5.4. Propuesta para el uso sostenible del mezquite.....	27
5.5. Análisis estadístico	28
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
6.1. Diagnóstico ambiental	29
6.1.1. Abundancia (Densidad)	32
6.1.2. Diámetro normal promedio	33
6.1.3. Altura	34
6.1.4. Cobertura de copa	35
6.1.5. Área basal.....	37

6.1.6. Biomasa aérea.....	38
6.2. Análisis de la utilidad social	39
6.2.1. Conocimiento sobre el mezquite.....	39
6.2.2. Utilidad y tratamiento para el mezquite.....	40
6.2.3. Tradición del uso del mezquite	41
6.2.4. Valoración del mezquite en la comunidad Pasaje, Cuencamé Durango	42
6.3. Composición química de la madera	43
6.3.1. Obtención de extractos totales	43
6.3.2. Obtención de extractos con distintos tamaños de partícula.....	45
6.3.3. Obtención de extractos con dos tamaños de partícula a tres diferentes densidades	45
6.3.4. Valores promedio del porcentaje de extracción con respecto a tres niveles de densidad, dos tamaños de partícula y dos solventes independientes	49
6.4. Propuesta de uso del mezquite.....	50
VII. CONCLUSIONES.....	56
VIII. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS.....	57
X. ANEXOS	64

GLOSARIO

Ejido: Sistema de distribución y posesión de la tierra que se institucionalizó después de la Revolución mexicana y que consiste en otorgar un terreno a un grupo de personas para su explotación

Diámetro basal: Medida del diámetro del fuste del árbol en la base de este

Diámetro normal: Medida del diámetro del fuste del árbol a la altura de 1.30 m

Densidad: indicador confiable del grado de ocupación del arbolado de un lugar y tiempo específicos

Abundancia: número de individuos de una especie en una parcela.

Biomasa aérea: Cantidad total de materia orgánica sobre la superficie del suelo, existente en un momento dado en un sistema biológico

Cobertura de copa: Proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de la copa de los individuos considerados, la suma de estas puede ser mayor a 100%

Área basal: Superficie de una sección transversal del tronco del individuo a la altura del pecho (1.3 metros)

Variable dasométrica: Datos relacionados a las medidas de los árboles como lo son altura, diámetro y cobertura de copa

Ecuación alométrica: Representa la relación entre la biomasa y el diámetro o la altura de la planta; además, proporciona un buen equilibrio y precisión en las predicciones con bajos requerimientos de datos

Extraíbles: Se entienden aquellas sustancias que se extraen de diferentes partes de los árboles mediante agua, disolventes orgánicos, vapor de agua y mediante un exprimido mecánico

RELACIÓN DE FIGURAS

Figura 1. Área de estudio.	21
Figura 2. Obtención y preparación del material de estudio.....	25
Figura 3. Obtención de extractos totales	26
Figura 4. Proceso metodológico para establecer la propuesta de uso del mezquite .	27
Figura 5. Uso de suelo y vegetación.	29
Figura 6. Delimitación de áreas cubiertas por mezquite	30
Figura 7. Imagen satelital utilizada para la delimitación de vegetación de <i>Prosopis laevigata</i>	31
Figura 8. Numero de árboles por hectárea. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).....	32
Figura 9. Diámetro promedio. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)	34
Figura 10. Altura promedio. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)	35
Figura 11. Cobertura de copa promedio. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).....	36
Figura 12. Área basal. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)	37
Figura 13. Biomasa aérea modelo 2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).....	38
Figura 14. Conocimiento sobre el mezquite	40

Figura 15. Utilidad y tratamiento para el mezquite	41
Figura 16. Tradición del uso del mezquite	42
Figura 17. Valoración del mezquite en la comunidad Pasaje, Cuencamé Durango. .	43
Figura 18. Cantidad de sólidos que se solubilizan de la madera en el sitio de densidad media.....	45
Figura 19. Valores medios del rendimiento de extractos en los tres niveles de densidad y con dos diferentes solventes en malla de 60. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).....	47
Figura 20. Rendimiento de extractos en los tres niveles de densidad y con dos diferentes solventes en tamaño mediano. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).....	48
Figura 21. <i>Valores medios del rendimiento de extractos en los tres niveles de densidad, con dos diferentes tamaños de partícula y solventes agua y etanol al 70%. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)</i>	49
Figura 22. Etapas de la propuesta.....	51

RELACIÓN DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de los Servicios Ecosistémicos del mezquite.....	9
Cuadro 2. Diseño experimental	28
Cuadro 3. Características morfométricas del arbolado de mezquite.	31
Cuadro 4. Extraíbles totales (%) en relación con el peso seco.....	44
Cuadro 5. Promedio y desviación estándar (n=6) del contenido de extractos solubles (%) para malla 60.	46
Cuadro 6. Contenido de extractos solubles (%) en tamaño de partícula mediano	47
Cuadro 7. Rendimiento de biomasa por densidad y por unidad de superficie.....	53
Cuadro 8. Relación de rendimiento de extracto por unidad de superficie	54
Cuadro 9. Análisis de la Varianza para el número de árboles por hectárea.....	65
Cuadro 10. Análisis de la Varianza para el diámetro normal.....	65
Cuadro 11. Análisis de la varianza para la altura	65
Cuadro 12. Análisis de la varianza para la cobertura de copa.....	65
Cuadro 13. Análisis de la varianza para el área basal.....	65
Cuadro 14. Análisis de la varianza para la biomasa aérea.....	65

I. INTRODUCCIÓN

Prosopis laevigata es una de las 44 especies descritas del género *Prosopis*, se distribuye naturalmente en tierras semiáridas a áridas del centro al noreste de México y es la especie que está presente en casi todo el país incluyendo la zona de estudio para este trabajo. Los principales usos de *P. laevigata* son: la vaina para elaborar alimentos y forraje, las flores para obtención de miel, la madera para pisos y muebles (debido a sus propiedades decorativas), la corteza que se usa para curtir pieles, y en pequeña escala se elaboran utensilios y artesanías con la madera (Felker, 1996).

Sin embargo, su uso principal es para leña, postes para cercas y carbón por ser relativamente barata (Sauceda *et al.*, 2014). Lo más probable es que algunos de los otros usos se hayan mantenido a pequeña escala por la dificultad de encontrar troncos con las características adecuadas para producir madera larga y recta (Rodríguez, 2018; Sánchez & Leal, 2007; Silbert, 1988).

Las propiedades físicas y mecánicas, así como la durabilidad natural de *P. laevigata*, dependen de su estructura anatómica y composición química (Cruz Carrera *et al.*, 2018). El porcentaje de celulosa, hemicelulosas, lignina y del contenido extractivo en la madera son factores importantes en las propiedades de la madera para productos de madera sólida (Bertaud, 2004).

Se han llevado a cabo estudios de *P. laevigata* sobre leña, producción de carbón, forraje, alimentos, dispersión de frutas, asociación entre insectos y frutas, manejo forestal, madera y retención de suelo (Antonio, 2018; Blanco Contreras, 2019; Graham, 1960; López, 2006; Melo, 2019), sin embargo, a pesar de todos los usos estudiados la población vegetal ha disminuido en Durango (Ríos-Saucedo, Rivera-González, Valenzuela-Nuñez, Trucios-Caciano, & Rosales-Serna, 2012).

La problemática radica en que a la especie se le da un solo uso potencial, ya sea como leña, como forraje o como alguno de los antes mencionados, sin percibir lo que los habitantes de la comunidad conocen, valoran, y estarían dispuestas a hacer para conservar y realizar un aprovechamiento adecuado del recurso. Son poco abordados

los diagnósticos en sitio sobre el estado actual del mezquite en alguna región en específico. En la planificación y ejecución de actividades es escasamente considerado el diagnóstico ambiental y social conjuntamente.

Lo expuesto ha permitido determinar el siguiente **problema científico**: ¿Cómo contribuir en el uso sostenible del mezquite en El Ejido Pasaje, Cuencamé Durango?

A partir del problema seleccionado se determinó como **objeto de estudio**: los procesos sustentables de transformación del mezquite al que se le valoraron las características químicas de las sustancias extraíbles de su madera para definir su posible aplicación, además de relacionar esto con su abundancia en el ejido Pasaje, Cuencamé Durango, donde dicha abundancia es establecida por la presencia o ausencia del agua, lo cual establece diferentes rendimientos en los extraíbles medidos. Con la información anterior se estableció una propuesta para el uso del mezquite (*Prosopis laevigata*) en el Ejido Pasaje, Cuencamé, Durango.

II. ANTECEDENTES

En este capítulo se presentan los fundamentos teóricos de la tesis. Se inicia con una descripción histórica del área de estudio, seguido de un análisis del origen del mezquite, la importancia de conservación, la descripción de las propiedades químicas de la madera, y una compilación de antecedentes. Abordando la relación medio ambiente-desarrollo como presupuesto epistemológico para la preparación de la propuesta para la conservación del mezquite desde la perspectiva del desarrollo sostenible.

2.1. Pasaje, Cuencamé, Durango

El poblado Pasaje tiene sus orígenes desde los latifundios de mediados del siglo XIX en ese entonces pertenecía al partido de Santa Catalina del Álamo. En esta época Santa Catalina del Álamo estaba formada por siete haciendas, las cuales se diferenciaban por el tipo de producción que tenían: en las tierras de temporal de Santa Catalina se cultivaba maíz y frijol; en la de agostadero de las haciendas de Álamo y Covadonga se criaban caballos, mulas, cabras y ovejas; en Mercedes, Guadalupe y Cruces se tenían campos de riego con plantíos de algodón y trigo; mientras que Pasaje tenía una economía mixta (Salgado & Vazquez, 2008).

En el año de 1897 la propiedad fue vendida a Pablo Martínez del Río Castiglione, quien era un importante abogado de compañías ferrocarrileras este buscó abandonar su diversificación en los negocios y centrarse en la exportación agropecuaria a Estados Unidos, para esto tuvieron que enfrentarse a distintos retos de los cuales el principal fue el aprovechamiento de recursos hídricos y la respuesta de los Martínez del Río a este reto fue la construcción de la presa Las Mercedes. A partir del siglo XX las vías del ferrocarril fueron extendidas en este latifundio (Aguilar, 2018). Los mayorazgos se convirtieron en haciendas y los presidios en pueblos (D. Rodríguez Barragán, 2017). Uno de ellos fue el pueblo de Pasaje, del que se presume su establecimiento legal en 1687, mediante una subasta organizada por el juzgado eclesiástico los pobladores que ya residían en ese lugar compraron la tierra. En 1807, los dueños del latifundio de Santa Catalina del Álamo ocuparon terrenos de Pasaje, esto se resolvió legalmente

cuando los juzgados de Guadalajara ordenaron la restitución a los habitantes del pueblo, pero sin que sucediera en la práctica. En 1889, la hacienda fue adquirida por una compañía inglesa (Compañía Limitada Mexicana de Hipotecas de Terrenos e Inversión), la que prosiguió con el retiro de mojoneras para ocupar más tierras de la comunidad, lo cual se incrementó cuando Pablo Martínez del Río compró la propiedad, al grado que los vecinos se quejaban de no tener los indispensables elementos para su subsistencia, desarrollo y progreso; esta situación desató choques violentos entre los habitantes de Pasaje y los trabajadores y arrendatarios del latifundio.

En la tierra del pueblo de Pasaje y zonas aledañas desde finales del siglo XIX se cultivaron productos que requerían grandes cantidades de agua, como maíz y frijol, mientras que la llegada del ferrocarril a la vez que ofreció nuevos mercados, al atravesar Santa Catalina del Álamo llevó a sus dueños a tener una mayor presión, no sólo para explotarlo mejor, sino para impedir cualquier peligro al nuevo flujo de mercancías. En la última etapa del Porfiriato el poblado de pasaje destacó en la producción de guayule y para 1910 el Partido de Cuencamé producía 50.52% de todo el guayule de Durango y el latifundio de los Martínez del Río era el segundo mayor productor en dicho partido con las 1 750 toneladas que generó ese año (Rodríguez Barragán, 2020).

Después de participar en la revolución maderista, de ser tomados por tropas villistas, de visitar al presidente Francisco I. Madero en la ciudad de México para pedir la restitución de sus tierras y de la publicación de la ley agraria por Venustiano Carranza los terratenientes se vieron obligados a dividir legalmente sus propiedades y alrededor de la presa se crearon tres ejidos, entre ellos el Ejido Pasaje, los cuales fueron dotados de tierra por el gobierno federal el mismo día, el 31 de enero de 1930 (D. G. Rodríguez Barragán, 2020).

Actualmente el Ejido Pasaje tiene una superficie de poco más de 27, 000 ha, dentro de este mismo se encuentra el poblado Pasaje que tiene 1474 habitantes, en la localidad hay 748 hombres y 726 mujeres. El índice de fecundidad es de 2.92 hijos por

mujer. Del total de la población, el 6.72% proviene de fuera del Estado de Durango. El grado de escolaridad es del 7 (6.75 en hombres y 7.26 en mujeres) (INEGI, 1991).

2.2. Mezquite

El género *Prosopis*, registra a la fecha 44 especies, de éstas, cuatro pertenecen a África, Asia y Europa, siendo las demás americanas, con dos centros principales en las regiones áridas y semiáridas de México y de la Argentina. África tropical podría ser el lugar donde se originó *Prosopis*. Como todas las especies están estrechamente relacionadas *Adenantha L.* y *Pseudoprosopis Harms*, todas las especies pueden haber evolucionado desde estos dos géneros (Burkart, 1976).

El nombre común, mezquite, se deriva del náhuatl, a la cual llamaban mizquitl, o " arbol de goma para tinta". El nombre del género, *Prosopis*, proviene del Griego que significa corteza usada para broncear pieles de oveja (Felker, 1996).

El mezquite se desarrolla en las regiones áridas y semiáridas de México, su importancia radica en que su madera es usada como combustible, para construcción de cercas, sus frutos como forraje y como alimento para el hombre, además produce resina que tiene uso en la fabricación de pegamentos y barnices, así mismo sus flores son importantes en la producción de miel (Sauceda *et al.*, 2014). Las áreas que experimentan la mayor deforestación en las Américas son aquellas que una vez fueron los bosques más grandes de *Prosopis*, ubicados en cuatro regiones principales: México, Perú, Chile y Argentina (López, 2006). El aprovechamiento del mezquite es un tanto primitivo y experimental por su realización con insuficiente tecnología, esto ha limitado su potencialidad (Rodríguez Anda *et al.*, 2015).

La importancia de los árboles de *Prosopis* se ha observado en muchos ecosistemas en todo el mundo. Estas especies influyen positivamente en los suelos, mejoran las condiciones ambientales para ellos mismos y para otras plantas y especies animales asociadas con este género, e, incluso en las condiciones más desfavorables, pueden dar múltiples servicios. Por esa razón, se han cultivado en plantaciones en varios tipos de hábitats, aunque no hay registros exactos sobre la distribución de *Prosopis*, la

creencia común es que los primeros viajeros en América comieron las dulces vainas del mezquite en sus viajes (Carrillo-Parra, 2007).

Prosopis laevigata (H. y B.) Johnston. Es un árbol, en ocasiones hasta de 12 m de altura, generalmente es menor, tronco hasta de 1 m de diámetro, por lo general de 30 a 60 cm; corteza gruesa, de color café-negrusco, algo fisurada; copa más ancha que alta; ramas glabras o pilosas, armadas de espinas estipulares de 1 a 4 cm de largo; hojas pecioladas con 1 a 3 pares de pinnas, cada una con 10 a 20 pares de folíolos sésiles; flores dispuestas en espigas densas de 5 a 10 cm de largo; flores blanco-amarillentas; legumbre linear, algo falcada, de 7 a 20 cm de largo por 8 a 15 mm de ancho, de color café-amarillento, a veces rojizo, algo constreñida entre las semillas; éstas oblongas, comprimidas de 8 a 10 mm de largo, de color blanco-amarillento (Sauceda *et al.*, 2014).

2.2.1. Importancia de la conservación del mezquite

El uso sustentable del mezquite es un desafío pues implica solidarizarse con generaciones que probablemente no conoceremos, sin embargo, somos beneficiarios de este recurso heredado por los antepasados, lo que ha venido desarrollando un tipo de conciencia de conservación como una tarea importante, y más aún si nos percatamos que bajo un sistema ético todas las especies tienen derecho a la supervivencia y merecen respeto (Castro Cuéllar, Cruz Burguete, & Ruiz-Montoya, 2009).

Hay razones de tipo prácticas para conservar el mezquite puesto que sirven para beneficio humano (Bertaud, 2004; Felker, 1996), así como es el hecho de que este se encuentra entre los recursos renovables del bosque en zonas áridas que puede proporcionar servicios económicos, ecológicos, sociales y culturales (Espinosa Hernández, 2015). El desarrollo industrial, tala excesiva y crecimiento de zonas urbanas, están ocasionando la disminución de poblaciones de mezquite, además de que habitantes lo consideran como maleza o especie invasora que se aprovecha de terrenos agrícolas en descanso (Ríos-Saucedo *et al.*, 2012).

La vegetación natural ocupa en México el 72.6 % de la superficie, representada principalmente por matorral xerófilo (26.1 %). El estado de Durango se ve influido por la ganadería, presentando un incremento del área de pastizal, donde las poblaciones de mezquite disminuyeron con una tasa promedio de 500 ha·año⁻¹, esto a partir del año 1992 al 2002 (Ramón Trucios Caciono, Nuñez, Saucedo, González, & Ávalos, 2012), estas cifras ponen en estado de alerta para la conservación del mezquite, puesto que no se puede negar su rápida disminución en función del tiempo.

2.2.2. Servicios ecosistémicos del mezquite

Los servicios ecosistémicos de los mezquiales tienen efectos restauradores es decir consecuencias directas que ayudan a mantener el ecosistema, y los subdivide en: 1) mejora la fertilidad del suelo–barbecho con la fijación de nitrógeno; 2) conservación de suelo y control de la erosión; 3) recuperación de terrenos y suelos degradados; 4) estabilizador de bancos de arena; 5) agente facilitador para los polinizadores; 6) proveedor de abono verde y materia orgánica, y 7) recuperación del suelo (Trejo, García, Lozano, Alcalá, & Damián, 2009)

La planta de mezquite tiene otros efectos sobre algunos organismos vivos del ecosistema como: a) cerca viva (barrera rompevientos), este servicio es uno de los más notorios en la comunidad Pasaje, sin embargo al momento de realizar la entrevista a sus habitantes acerca de los usos actuales que ellos consideran importantes no lo mencionaron, esto prueba que algunos servicios ambientales proporcionados por el mezquite pasan desapercibidos; b) de hábitat; c) sombra y refugio, d) en ecosistemas secos proporciona alimento a la fauna silvestre y sombra a los animales domésticos, lo cual se ve ampliamente en la zona de estudio, puesto que dentro de sus principales actividades económicas está la crianza de ganado vacuno y caprino, lo cual sin duda el tener mezquites brinda confort y un mejor desarrollo para estos, y e) como proveedor de microambiente, puesto que su cubierta tiene un efecto positivo sobre la biodiversidad vegetal y animal (Chiappa, Villaseñor, Toro, & Covarrubias, 1997; Ferrari & Wall, 2015).

2.2.2.1. Servicio nodriza

Hay estudios que mencionan que un servicio ecosistémico notorio del mezquite es ser una planta nodriza, por ejemplo, la asociación que tiene con otras especies vegetales como lo son *Agave sp*, *Opuntia sp.*, y *Yucca sp*. Esto se pudo observar en el Ejido Pasaje donde es frecuente notar la presencia de estas especies que están favorecidas por la presencia de mezquite y que no se ven separadas de estos puesto que hay zonas de mezquite pero que han sido intervenidas por el humano, ya sea para desmontar y utilizar el espacio para agricultura o ganadería que no están acompañadas de las especies antes mencionadas.

2.2.2.2. Valor cultural

Se ha dado un valor cultural evaluado por metodologías que asignan un número y un valor por especie, sin embargo la presencia del mezquite en las comunidades va mucho más allá, puesto que data desde que las ahora comunidades eran solo nómadas que vagaban largas distancias por desiertos que parecían interminables y que el único oasis eran esos verdes mezquites adaptados a la cruda realidad y que les proporcionaban sombra y vainas para elaborar algún tipo de masa que contenía alto valor proteico y que además no era perecedera (García-López et al., 2019; Herrera, León, Gómez, Bueno, & Torres, 2016; Valdés, 1995).

2.2.2.3. Captura de CO₂

Los bosques de mezquite son una alternativa para reducir la cantidad de CO₂ atmosférico y convertirlo, a través de la fotosíntesis, en carbono que “almacenan” las plantas en forma de madera y otros órganos y tejidos. En consecuencia, los mezquiales contienen enormes cantidades de carbono, aunque este “almacén” llega a un máximo en los bosques maduros; no obstante, existe la posibilidad de que mediante el manejo forestal o la distribución de productos derivados del bosque continúe aumentando ese “almacén” (Ruiz-Peinado, Senespleda, Montero, & Lozano, 2020).

A pesar de estos beneficios el aprovechamiento actual del mezquite se realiza sin conocer muchos de los beneficios, su caracterización estructural y su capacidad de

tolerancia y crecimiento en situaciones ecológicas extremas. Al no tener claro la amplia gama de beneficios que abarcan los servicios ecosistémicos del mezquite y su importancia para todos los usuarios (locales o sociedad en general), se tiene ausencia de incentivos para mantener el flujo de estos servicios. La realidad es que los beneficios obtenidos de los usos directos puedan ser menores que los beneficios que se obtienen de los servicios ecosistémicos en conjunto (Trejo et al., 2009).

A continuación, en el Cuadro 1 se presenta un resumen de los servicios ecosistémicos brindados por el mezquite y clasificados en uso directo, indirecto y valores de no uso (Trejo et al., 2009; Valenzuela-Núñez, Rivera-González, Trucios-Caciano, & Ríos-Saucedo, 2013; Villaseñor Zuñiga, 2012).

Cuadro 1. Clasificación de los Servicios Ecosistémicos del mezquite

Uso directo	Uso indirecto	Valores de no uso
<ul style="list-style-type: none"> • Medicina tradicional • Combustible (leña) • Herramientas y utensilios rústicos • Forraje • Carbón • Elaboración de cuadros • Mampostería • Muebles • Parkets para duela 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la fertilidad del suelo • Conservación de suelo • Control de la erosión • Recuperación de terrenos y suelos degradados • Estabilizador de bancos de arena • Proveedor de abono verde y materia orgánica • Barrera rompevientos • Hábitat para fauna • Sombra • Actúa como sumidero de carbono • Alimento a la fauna silvestre • Proveedor de microambiente 	<ul style="list-style-type: none"> • Servicio nodriza • Información de plantas medicinales • Valor cultural

Fuente: Elaboración propia

2.3. Biomasa vegetal

La biomasa vegetal se define como la cantidad de materia orgánica presente en un momento dado en un área determinada (J. L. García & Martínez, 2014). También se puede definir como el conjunto de materiales orgánicos generados a partir de la fotosíntesis o bien producidos en la cadena biológica. Aproximadamente el 90% de la

biomasa acumulada sobre la tierra se encuentra en los bosques por medio de los fustes, ramas, hojas, raíces y materia orgánica (Leith, 1975; Raeb, Asan, & Grozeb, 1996). Por lo general, es cuantificada en kilogramos por árbol o en toneladas por hectárea de peso verde o de peso seco (Silva-Arredondo & Návar-Cháidez, 2010). Brown (Brown, 1997), menciona que la biomasa forestal se define como la cantidad de materia seca que existe en un árbol, población, comunidad o bosque, por encima y por debajo del suelo.

La estimación de la biomasa aérea de los árboles es un aspecto esencial para los estudios de almacenes y flujos de carbono en los ecosistemas forestales (Monroy Rivera, 2004). Por ello es necesario entender que la capacidad de los ecosistemas forestales para almacenar carbono en forma de biomasa aérea varía en función de la composición florística, la edad y la densidad de población de cada estrato por comunidad vegetal (Schulze, Wirth, & Heimann, 2000). Por consiguiente, la estimación de la biomasa en las especies vegetales es muy importante, principalmente para conocer el valor que como servicio ambiental representan (Arroyo & Paredes, 2006).

Existen dos métodos comúnmente usados para estimar la biomasa; a) el método directo, que consiste en cortar el árbol y determinar la biomasa pesando directamente cada componente del árbol; y b) el indirecto, que involucra la estimación y aplicación de factores de conversión (W. Fonseca, Alice, & Rey, 2009)

Las fórmulas para el cálculo de la biomasa y los datos del inventario forestal proveen información sobre los almacenes de biomasa de una especie (Brown, 1997; Clark et al., 2001; Jenkins, Birdsey, & Pan, 2001; Schroeder, Brown, Mo, Birdsey, & Cieszewski, 1997), los planes de manejo forestal convencional incorporan exclusivamente los volúmenes o existencias reales, los cambios en las dimensiones en tiempo y el programa de extracción generalmente no se incluyen conceptos como la biomasa.

Existen diferentes procedimientos para la estimación de biomasa en los diferentes componentes vegetales. Las técnicas de estimación de biomasa han sido ampliamente

explicadas por varios autores (Brown, Sathaye, Cannell, & KAUPPI, 1996; Gayoso, Guerra, & Schlegel, 2001; Satoo, 1973).

En la estimación de biomasa, se recomienda la generación de ecuaciones para cada especie, dado que en las regresiones alométricas el ajuste estadístico está dado para el sitio específico para el que fueron desarrolladas (Carrillo Anzúres, Acosta Mireles, Flores Ayala, Juárez Bravo, & Bonilla Padilla, 2014), las fórmulas que se utilizan en este estudio están especificadas en la sección de materiales y métodos.

2.4. Composición química de la madera y corteza

La madera es un biopolímero tridimensional cuya composición química general es formada por compuestos primarios: holocelulosa (formada por celulosa y hemicelulosa) y la lignina. Los componentes secundarios están constituidos por los extraíbles, extractables o sustancias extraíbles (en agua, en solventes, volatilizados en vapor) y no extraíbles (compuestos inorgánicos, proteínas y sustancias pépticas). Es un material complejo y no uniforme. Los compuestos químicos de la madera se distribuyen a lo largo de la pared celular en cantidades variables. La composición química varía dentro de los árboles, depende del origen, la edad, el clima y las condiciones del suelo (Han, 1996).

2.4.1. Sustancias extraíbles en la madera

Se conoce como extraíbles a un grupo de compuestos que pueden influir en las propiedades y calidad de la madera. Estos compuestos son de diferentes clases, dividiéndose de manera sencilla en compuestos orgánicos e inorgánicos. En los compuestos orgánicos extraíbles se incluyen los terpenos, ceras, grasas, resinas, fenoles, glicéridos y compuestos nitrogenados, entre otros. Las sustancias inorgánicas incluyen principalmente potasio, calcio y magnesio (Fengel, 1984).

Los extractos son compuestos solubles en diferentes solventes orgánicos, como ejemplo, en mezclas de alcohol-benceno o alcohol-tolueno se solubilizan ceras, grasas y resinas; en alcohol o mezclas de alcohol/agua se solubilizan principalmente compuestos fenólicos, en agua fría, taninos hidrolizables, gomas, azúcares, materiales colorantes y en agua caliente los almidones. Pueden clasificarse en ácidos volátiles,

aceites esenciales, ácidos resinosos, terpenos y compuestos fenólicos o polifenoles (Gutiérrez, 1998).

Los tipos de extractivos están relacionados con las propiedades de la madera, cada especie alberga distinto tipo y porcentaje de estos compuestos químicos específicos. Se ha observado que el cambio del poder calorífico de las maderas a las que se someten a una extracción para retirar partes de los compuestos con disolventes, y en comparación con las que no son sometidas a una extracción no disminuye, sin embargo estas sustancias influyen en la estabilidad de la madera (White, 1987).

2.4.2. Lignina

La lignina es un polímero natural cuyas unidades estructurales se derivan del fenilpropano, la unión de varios ácidos y alcoholes fenilpropílicos forman la molécula de lignina. Estos radicales se acoplan de manera aleatoria originando una estructura tridimensional, un polímero amorfo (Fengel, 1984). La lignina al igual que la celulosa, es uno de los componentes principales de la pared celular de las plantas. Hay diferentes tipos de ligninas, con propiedades y composiciones variables, según el origen de la misma y el tratamiento al que se le haya sometido (Casey, 1990). Conserva un importante papel en el transporte de agua interno, es un componente estructural que provee rigidez a la pared celular y actúa como puente de unión entre las células, creando un material que es notablemente resistente.

Las ligninas son insolubles en agua y en ácidos minerales fuertes, su solubilidad en ácido sulfúrico al 72% es la base de una prueba cuantitativa para distinguir las de la celulosa y otros carbohidratos (Casey, 1990). Existen dos tipos de lignina las provenientes de maderas duras, llamadas ligninas guaiacil y las obtenidas de maderas blandas, denominadas guaiacil-siringil (Weinstock *et al.*, 1997). La lignina es un subproducto de los pulpeos químicos de la madera y se utiliza a nivel industrial en la producción de poliuretano.

2.4.3. Celulosa y hemicelulosa

La celulosa está formada por celobiosa, es blanca, inodora e insípida y es la materia prima principal para la fabricación de pastas de disolución y paneles para construcción.

Las hemicelulosas son carbohidratos no celulósicos de bajo peso molecular, que ayudan en los procesos de refinación de fibras debido a que son moléculas más reactivas y se hidratan fácilmente (Gutiérrez, 1998).

De los principales componentes de los materiales lignocelulósicos, la celulosa es uno de los biopolímeros más abundantes en la naturaleza y su biosíntesis, química y estructura aún permanecen activos como campo de investigación. Las hemicelulosas son los segundos compuestos de carbohidratos más prominentes; están ramificados y tienen un polímero con un peso molecular más bajo que la celulosa. Las hemicelulosas son mezclas de polisacáridos y se sintetizan en madera casi por completo a partir de glucosa, manosa, galactosa, xilosa, arabinosa, metilglucurónico 4-O ácido y residuos de ácido galacturónico. Algunas maderas duras contienen trazas de ramnosa (Sjöström, 1993).

2.5. Importancia económica de los extraíbles

En los últimos años ha aumentado el interés en los productos de origen natural, específicamente de plantas o derivados de éstas, como resultado de que la obtención de medicamentos por la vía sintética se basa en el empleo de sustancias naturales. Se reporta que cerca del 60% de compuestos anticancerígenos y el 75% de medicamentos que ayudan en enfermedades infecciosas son de origen natural o derivados de ellos (Pérez-Alonso & Jiménez, 2011).

Las sustancias extraíbles, llamadas también metabolitos secundarios, se han utilizado como productos medicinales, colorantes, perfumes, venenos, somníferos, impermeabilizantes y alucinógenos, entre otros usos, desde antes de conocer su composición química (Macias, Molinillo, Varela, & Galindo, 2007; Vilela, González Paleo, & Ravetta, 2011), lo que es un precedente de que son y han sido un pilar para el bienestar humano, tanto en la salud como en lo industrial y económico.

2.6. Estudios realizados en mezquite

A continuación, se muestra una compilación de estudios que se han realizado sobre los usos del mezquite, resaltando la amplia variedad potencial para este recurso, sin

embargo, es importante considerar el uso sostenible del mezquite, sin dejar de lado el desarrollo social. Para comprender esta complejidad, que significa tener en cuenta una concepción holística y sistémica, el estudio interdisciplinario, se convierte en una necesidad para poder dar una verdadera propuesta para el uso sostenible de esta especie (R. García, 1994).

1. *El mezquite en estudios agroecológicos*

Se estudió un modelo agroecológico forestal para la sostenibilidad en el desierto lagunero del norte de México, con el mezquite como protagonista, elaborando propuestas formales para prestar servicios ambientales y producir carbón, miel de abeja y alimento para ganado, pues calcularon que el precio promedio de la miel es de 100 MXN por kg, de la vaina 2,00 MXN por kg, además de una producción aproximada de 700 kg/ha de madera para carbón y otro tanto entre leña y residuos, así mismo los servicios ambientales que presta una huerta de mezquite como lo son la sombra, cubierta vegetal, secuestro de carbono (Blanco Contreras, 2019).

En otro estudio se demostró el desarrollo que tuvieron plantas de mezquite puestas en terrenos agrícolas, en un lapso de diez años, reportando una sobrevivencia de 68.8% con alturas arriba de 2 m y coberturas aéreas mayores de 2.2 m, esta información puede ser útil al momento de querer repetir este experimento en áreas con doble propósito es decir que se requieran utilizar tanto para agricultura y obtención de productos derivados del mezquite (Antonio, 2018).

Otros autores establecieron que existen posibilidades para la implementación de sistemas silvopastoriles que incluyan mezquite, pasto buffel y chamizo. Lo que sugiere que no necesariamente tienen que estar separadas las actividades de ganadería y al mismo tiempo incluir al mezquite (Ríos-Saucedo., Valenzuela-Núñez., Rivera-González., & Trucíos-Caciano., 2012)

2. *Vaina de mezquite*

Sobre la producción de vaina de mezquite (*P. laevigata*), se ha estimado una producción de 3.7 toneladas por hectárea, destacando que la variable que más influye es el diámetro normal de los individuos (Ruiz Tavares, 2011).

Se realizó un estudio en Coahuila, México, donde el objetivo fue evaluar algunas características químicas, energéticas y nutracéuticas de la vaina de *Prosopis* spp. en dos estados de maduración: maduras y tiernas., encontrando que el estado de maduración de las vainas no afecta sus propiedades energéticas ni nutracéuticas (Armijo-Nájera, Moreno-Reséndez, Blanco-Contreras, Borroel-García, & Reyes-Carrillo, 2019)

Las vainas de *P. laevigata* también han sido utilizadas para elaboración de pinole. Se reporta un estudio en el que se obtuvo pinole de alta calidad funcional, con resultados positivos en la disminución de la oxidación de lipoproteínas de baja densidad y sobre la inhibición de la actividad de la Enzima Convertidora de Angiotensina (Gallegos-Infante, Rocha-Guzman, Gonzalez-Laredo, & Garcia-Casas, 2013).

Se caracterizaron los parámetros fisicoquímicos de diferentes tipos de formulaciones de galletas, agregándoles harina de vaina de mezquite (*Prosopis juliflora*), al 10 y 20%, comparadas con un control. Se analizó el contenido de humedad, cenizas, acidez, pH y actividad del agua. Con los resultados obtenidos concluyen que las galletas cumplen con las características fisicoquímicas en comparación con la legislación y literatura existente (Melo, 2019).

Se evaluaron varios suplementos alternativos para cabras en regiones semiáridas, entre ellos las vainas de *P. laevigata*. Reportan un alto contenido de proteína soluble y factores anti nutricionales, que se reducen al tostar las vainas, por lo que proponen su uso como suplemento alimenticio para las cabras, y destacan la importancia que tiene la especie para desarrollarse en condiciones de escasez de agua (Andrade-Montemayor, Cordova-Torres, García-Gasca, & Kawas, 2011).

3. Goma de mezquite

Un estudio realizado en México afirma que la producción de goma de *P. laevigata* en un área de 600 km² es de 2061 ton/año, lo que cubriría la demanda de goma arábica en México, dejando un sobrante considerable para exportación (López-Franco, Goycoolea, Valdez, & De La Barca, 2006).

Reséndiz y colaboradores en el año 2016 realizaron un estudio donde evaluaron la obtención de goma de mezquite (*P. laevigata*), con y sin aplicación de etileno, el procedimiento consistió en realizar una incisión en el tronco principal y aplicar diversas dosis de etileno, teniendo como resultado que la goma de esta especie es un buen sustituto de la goma arábica y que presenta un potencial igual e incluso mayor al de ésta goma (Reséndiz Flores, García Núñez, Hernández Martínez, Uribe Gómez, & Leos Rodríguez, 2016).

Un estudio realizado en el 2005 donde evaluaron el efecto a diferentes concentraciones de glicerol y sorbitol, con y sin la adición de calcio, en la estructura y permeabilidad al vapor de agua de películas de goma de mezquite, cera de candelilla y de goma de mezquite-cera de candelilla: aceite mineral, así como su capacidad para conservar la vida útil de limón Persa, revelo que utilizando la formulación de goma de mezquite-cera de candelilla: aceite mineral con sorbitol y calcio, el fruto se conservaba hasta por 25 días, ya que el intercambio entre el calcio y los grupos carboxílicos cargados negativamente de las ramificaciones de la goma de mezquite pueden haber generado puentes que mejoraron la red del polisacárido y su estabilidad (Bósquez-Molina & Vernon-Carter, 2005).

4. Hojas de mezquite

Con respecto a estudios sobre hojas de mezquite, se reporta que las hojas de *P. laevigata* poseen compuestos activos contra larvas infecciosas de *H. contortus*, es decir que tienen un efecto antihelmíntico que provoca la erradicación de las lombrices parásitas del cuerpo de manera rápida y completa, ya sea matándolos o incitando en ellos una conducta de huida que disminuye la carga parasitaria y sin dejar complicaciones de la infestación en rumiantes, también sugieren actividad nematicida

frente a diferentes nematodos de importancia para la industria agrícola y ganadera (Delgado-Núñez *et al.*, 2020).

En otro estudio se reporta que las propiedades químicas de las hojas de *Prosopis juliflora* tienen un contenido de flavonoides de 16%, lo que lo convierte en un candidato potencial para propiedades antioxidantes y anticancerígenas. Además, que los fenoles y taninos encontrados en las hojas (0.33 y 0,66% respectivamente), pueden sinergizar el potencial antioxidante y anticancerígeno de los flavonoides. La presencia de fenoles evita que las plaquetas se aglutinen y agrega capacidad para bloquear enzimas específicas que causan inflamación. Estos también actúan como potenciadores inmunológicos, anticoagulantes y moduladores de hormonas. Encontraron también 2.2% de saponinas, responsables de antimicrobianos, moluscidas y actividades insecticidas (Ibrahim, Nadir, Ali, Ahmad, & Rasheed, 2013).

En hojas de la especie de *P. laevigata* se evaluó la actividad antioxidante, así como su potencial cardioprotector, encontrando que las fracciones purificadas mostraron efectos antihipertensivos, inhibiendo la enzima convertidora de angiotensina y cardio protección inhibiendo la oxidación de lipoproteínas, concluyendo que las hojas de mezquite pueden ser una fuente de fenólicos bioactivos como ingredientes nutraceuticos (García-Andrade *et al.*, 2013).

5. Otros estudios

Diversas investigaciones describieron análisis de diferentes especies de *Prosopis*, donde las especies han sido investigadas por sus propiedades nutritivas y bioactivas, reconocieron que en todas las investigaciones se han obtenido resultados positivos pero que aun así hasta ahora, se han utilizado muy pocos subproductos de *Prosopis* en la industria alimentaria (González-Montemayor *et al.*, 2019).

Otros estudios reportan que diversas especies de *Prosopis*, son una rica fuente de fitoquímicos extremadamente útiles, particularmente los compuestos fenólicos, con potencial biológico como antioxidante, antimicrobiano, analgésico, anticanceroso, cardioprotector, antiplasmodial. Sin embargo, se requiere de más estudios clínicos

para respaldar de manera efectiva sus efectos farmacológicos y sus atributos dietéticos (Sharifi-Rad *et al.*, 2019).

El género de plantas *Prosopis* tiene aplicaciones importantes en medicamentos para uso humano, así como en veterinaria. Incluyen antidiabéticos, antiinflamatorios, actividades anticancerígenas y antimicrobianas. Compuestos de esta especie demuestran actividad antibiótica contra patógenos microbianos y actividades de inhibición enzimática, y muestran potencial en otras aplicaciones farmacéuticas, Especialmente los compuestos fenólicos, flavonoides, taninos, alcaloides o quinonas, son los responsables de dichas biofunciones (Henciya *et al.*, 2017).

Se han utilizado las astillas de madera de *Prosopis* spp. como base para biofiltros, que se aplican en sistemas de tratamiento de agua residual municipal, con excelentes resultados en la remoción de contaminantes (Sosa-Hernández, Viguera-Cortés, & Garzón-Zúñiga, 2016)

Sobre la base de los resultados de la sistematización teórica, se considera necesario plantear aspectos importantes para tener en cuenta en la integración de uso del mezquite, como son:

- La concepción compleja y sistémica del medio ambiente y su relación indisoluble con el desarrollo y la utilización racional de la ciencia y la tecnología.
- La consideración de que el hombre es parte del medio ambiente y tiene un rol transformador en él, para la satisfacción de sus necesidades objetivas, pero debe tener en cuenta la importancia de la conservación del mezquite como recurso.

III. JUSTIFICACIÓN

El mezquite es un recurso biológico con amplia distribución en zonas áridas y semiáridas de México. Esta especie juega un papel muy importante en las cadenas tróficas de los ecosistemas donde se encuentra. Es un candidato para la gestión integrada, aunque no se le ha dado la importancia económica que se merece. La especie ha sido sometida a una acción humana irracional, con la consecuencia de un notable deterioro en la población natural. Para un aprovechamiento integral del mezquite es importante que las personas que viven en zonas donde crece la especie de manera natural y ancestral, conozcan todas las propiedades y beneficios que se pueden obtener, y sean conscientes de que su aprovechamiento debe ser de forma racional y sostenible. El Ejido Pasaje, Cuencamé Durango, cuenta con área de mezquiales que no han sido evaluadas en ningún aspecto, por lo que es importante realizar una medición sobre la situación socioambiental que presenta, su abundancia, distribución, y una evaluación cuantitativa de sus sustancias extraíbles, con la finalidad que sus pobladores revaloricen y le den un uso adecuado a la especie.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo General

Elaborar una propuesta para el uso del mezquite (*Prosopis laevigata*) mediante un diagnóstico ambiental, social y de las sustancias extraíbles de la madera, en el Ejido Pasaje, Cuencamé, Durango.

4.2. Objetivos específicos

- Diagnóstico del estado actual del mezquite en el Ejido Pasaje, Cuencamé, Durango.
- Valoración de las características químicas de las sustancias extraíbles de la madera de mezquite para definir su posible aplicación.
- Construcción de la propuesta para el uso del mezquite que incluye el diagnóstico ambiental, de las sustancias extraíbles de la madera, sus usos potenciales y su utilidad social

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Área de estudio

El Ejido Pasaje, está localizado en el municipio de Cuencamé, Durango (**Figura 1**). Los datos obtenidos permitieron realizar el diagnóstico ambiental y la utilidad social. Se recolectaron muestras de madera de *Prosopis laevigata* para la obtención y evaluación de las sustancias extraíbles.

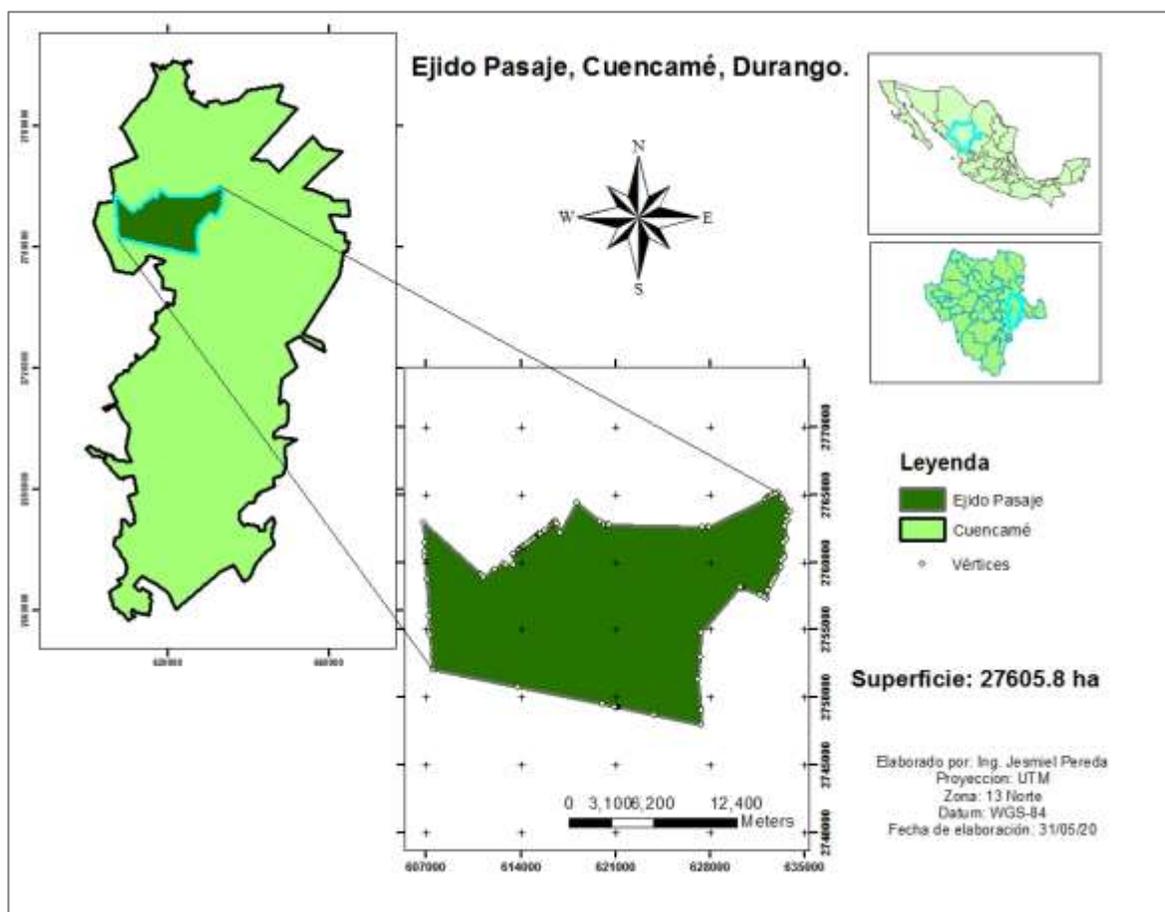


Figura 1. Área de estudio.

El bosque de mezquite ocupa partes bajas, de suelo profundo, con drenaje deficiente (incluso inundables), está situado a lo largo de efluentes temporales, en el sitio hay una precipitación media anual de 354 mm, con temperaturas que fluctúan entre 20 y 26°C, está ubicado entre los 1500 y 1600 msnm, determinado como clima BSH (Clima

dc = Diámetro de copa

$$AB = \frac{\pi * D^2}{4} \dots \dots \dots \text{Ecuación 2}$$

Donde:

AB = Área basal

π = 3.1416

D = Diámetro normal

$$NAHa = (Na) * 10 \dots \dots \dots \text{Ecuación 3}$$

Donde:

Na = Número de árboles por sitio

dm = Distancia media entre árboles

10 = Valor constante

$$AGB = (0.207) * D^{2.166} \dots \dots \dots \text{Ecuación 4}$$

Donde:

AGB = Biomasa aerea

D = Diámetro basal

5.2.2. Importancia social del mezquite

Se diseñó un instrumento diagnóstico con el fin de entrevistar a las personas de la comunidad de Pasaje determinando la situación del mezquite, referida al aumento o decremento de esta especie y la valoración social de la comunidad (Anexo 1).

Se aplicaron 50 entrevistas a voluntarios que incluyeron mujeres y hombres, de entre 25 y 85 años, las preguntas cuestionaron los conocimientos, uso e importancia que tiene la especie para el ejido. A partir de los datos obtenidos de las encuestas se realizó su procesamiento, mediante la aplicación de Alfa de Cronbach.

5.3. Composición química de los extractos de la madera de mezquite

5.3.1. Selección y colecta de las especies

Las muestras se recolectaron en el Ejido Pasaje, la especie fue identificada por el Herbario CIIDIR-IPN Durango como *Prosopis laevigata*. Se tomaron muestras de mezquite en las cuatro densidades de poblaciones evaluadas; bajas, media, alta y cortinas.

5.3.2. Obtención y preparación del material de estudio

Para el análisis químico se recolectaron al azar ramas secundarias, con diámetros de aproximadamente 15 cm. Las muestras se sometieron a un proceso de fraccionado para obtener astillas y aserrín. El material se secó a temperatura ambiente y se clasificó en cuatro tamaños de partícula, tamaño grueso (4 x 2 cm), mediano (2x1 cm), material retenido en tamices Tyler mallas 10 (2.0 mm) y malla 60 (0.25 mm), (**Figura 2**)

El material retenido en la malla 60 se utilizó para realizar el análisis de extraíbles totales, se analizaron muestras con corteza y sin ella. La metodología se siguió acorde a las normas de la Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI 2006-2007), preparación de muestras (T 264 cm-97), determinación de extractos en etanol-benceno y etanol (T 204 cm-97), (Honorato-Salazar, Colotl-Hernández, Apolinar-Hidalgo, & Aburto, 2015).



Figura 2. Obtención y preparación del material de estudio

5.3.3. Obtención de extractos totales

Antes de iniciar la caracterización química se determinó la humedad de las harinas (%), según el método de deshidratación a $105 \pm 2^\circ\text{C}$ y con apego a la norma T 264 cm-97 (TAPPI, 2006-2007). La humedad de las harinas servirá para presentar los resultados de los análisis químicos con base a su peso seco. El material empleado para determinar la humedad no fue utilizado para realizar los análisis químicos.

Para la obtención de extractos totales se utilizó un equipo Soxhlet, se realizaron extracciones en forma sucesiva de solventes, de menor a mayor polaridad, primero

con una mezcla de etanol: tolueno (1:3), seguida de etanol al 95%, y finalmente agua caliente. Se calculó la cantidad de sólidos disueltos en cada solvente, mediante la relación: g disueltos en el solvente/g de material utilizado en la extracción, (**Figura 3**).



Figura 3. Obtención de extractos totales

5.3.4. Obtención de extractos solubles en etanol al 70% y agua

Se evaluó la cantidad de sólidos (extraíbles) que pueden disolverse de la madera de mezquite con etanol al 70% y con agua destilada fría, de forma independiente, es decir, estas extracciones no fueron de forma sucesiva.

Se utilizaron cuatro tamaños de partícula, Malla 60 (0.25 mm), Malla 10 (2.0 mm), astillas a las que se les llamó “tamaño mediano” (2x1 cm), y astillas “tamaño grueso” (4 x 2 cm). Se evaluó material recolectado en tres niveles de densidad de árboles, previamente clasificados como alta, media y baja.

Se tomó en cuenta la cantidad de madera utilizada (g) y el volumen de solvente (ml) añadido. Las extracciones se realizaron por maceración del material durante 48 h, a temperatura ambiente. El extracto soluble se separó del material sólido mediante filtración con papel Whatman No. 4. Se calculó la cantidad de sólidos solubles mediante el método de sólidos totales, y se reportó como porcentaje. Todas las determinaciones se realizaron por triplicado.

5.4. Propuesta para el uso sostenible del mezquite

Con base al análisis de las características químicas de la madera, el diagnóstico ambiental y la utilidad social, se elaboró una propuesta del uso más adecuado del mezquite, específicamente para el Ejido Pasaje.

En la Figura 5 se muestra el proceso metodológico que se siguió para la obtención de los resultados presentados.



Figura 4. Proceso metodológico para establecer la propuesta de uso del mezquite

5.5. Análisis estadístico

Los datos de la caracterización ambiental y el contenido de sólidos solubles en dos tamaños de partícula y a tres diferentes densidades se analizaron mediante un ANOVA paramétrico de dos vías, asociado a la prueba de *Tukey* para la comparación de las medias *a posteriori*. En todos los casos se asumió como nivel de significación $p < 0,05$.

Para el análisis de la información y el desarrollo en el laboratorio se estableció un diseño experimental de bloques con arreglo factorial de 2x3, dando lugar a 6 tratamientos con cuatro repeticiones ver Cuadro 2.

Cuadro 2. Diseño experimental

Abundancia con solvente	Tamaño de malla	
Alta con agua	Alta x agua x 60	Alta x agua x mediano
Media con agua	Media x agua x 60	Media x agua x mediano
Baja con agua	Baja x agua x 60	Baja x agua x mediano
Alta con etanol	Alta x etanol x 60	Alta x etanol x mediano
Media con etanol	Media x etanol x 60	Media x etanol x mediano
Baja con etanol	Baja x etanol x 60	Baja x etanol x mediano

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Diagnóstico ambiental

El bosque de mezquite se encuentra rodeado de terrenos agrícolas y de áreas de pastoreo de ganado vacuno y caprino, presenta sitios abiertos con escasa o nula vegetación herbácea; cabe destacar la presencia de fuerte erosión hídrica en forma de cárcavas y de canalillos en estas áreas (Figura 5)..

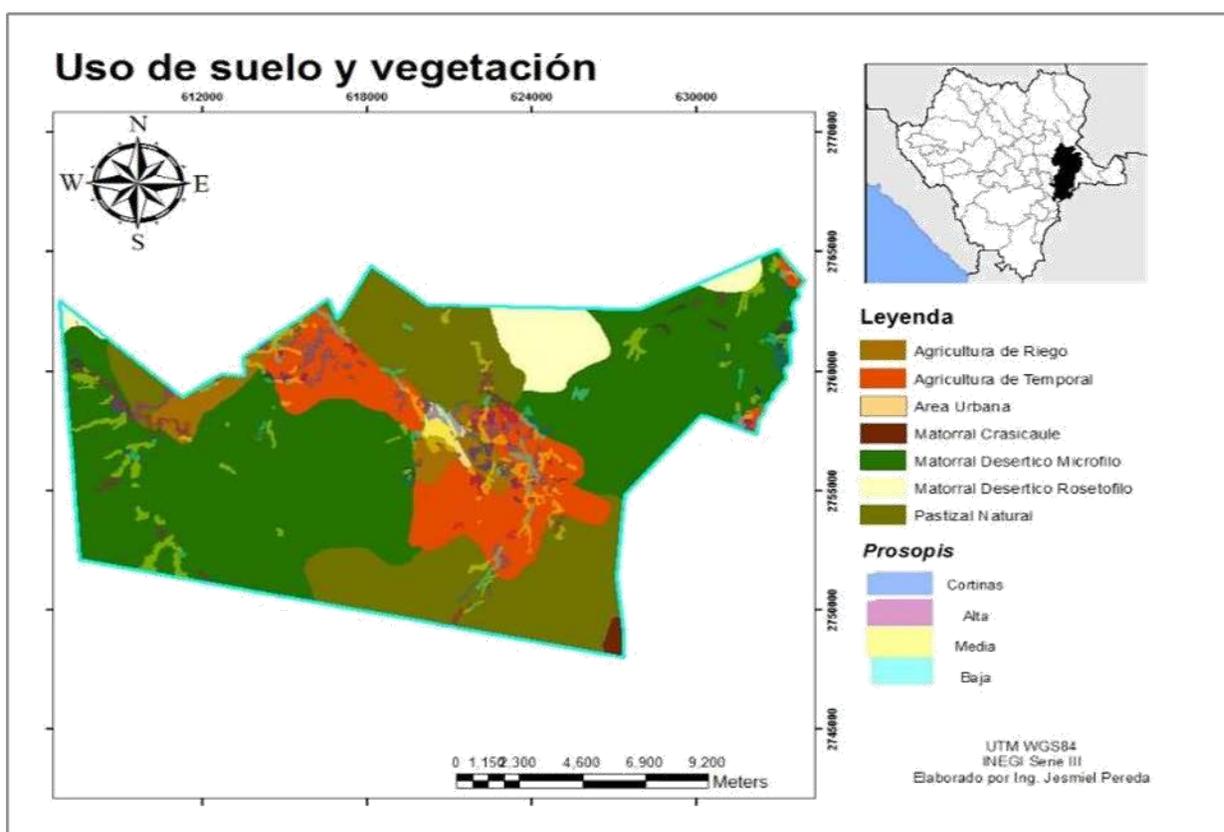


Figura 5. Uso de suelo y vegetación.

Se delimitaron aproximadamente 928 ha cubiertas por mezquite, de las cuales el 45% pertenece a la clasificación de densidad media, 26% al alta, 15% a la baja y 14% a cortinas (Figura 6). La imagen utilizada para delimitar la superficie vegetada por mezquite fue recortada al ras del límite de predio del Ejido Pasaje, Cuencamé., Durango (Figura 7)

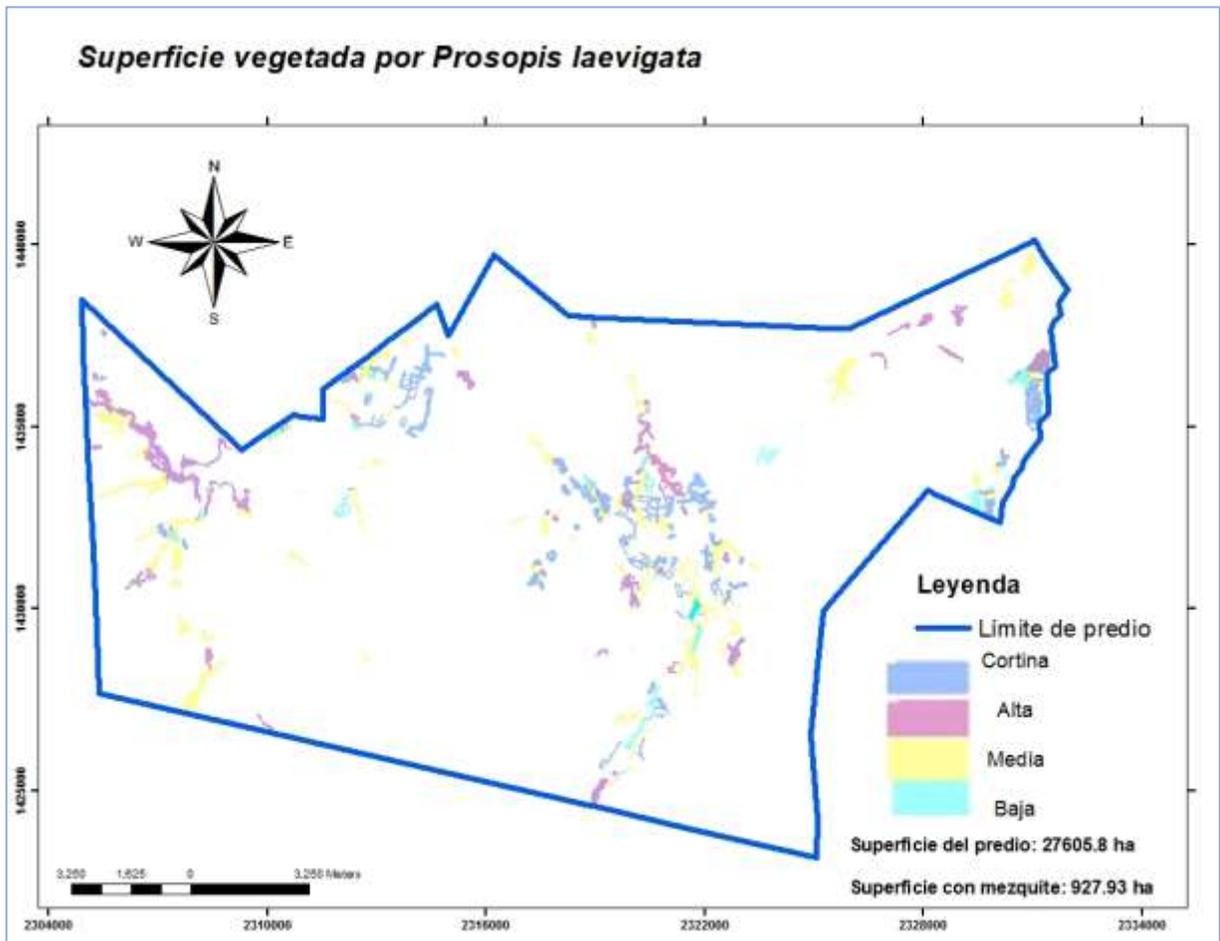


Figura 6. Delimitación de áreas cubiertas por mezquite

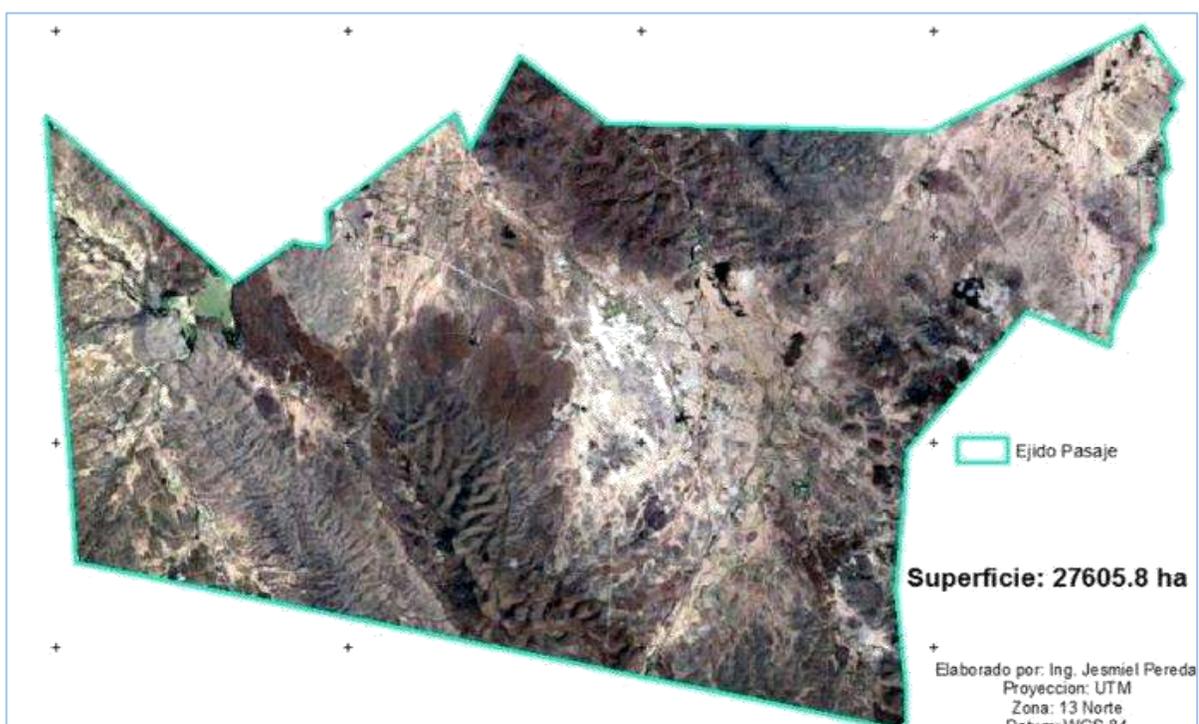


Figura 7. Imagen satelital utilizada para la delimitación de vegetación de *Prosopis laevigata*

Características morfométricas del arbolado de mezquite

La altura promedio de los individuos depende de la abundancia la cual vario desde 2.64 a 6.10 m, aunque en campo se observaron alturas desde 1.70 hasta 12 m, la cobertura aérea, o área que cubre la copa, en promedio fue de 11 a 134 % mientras que el área basal o área de los tallos que cubre la superficie del suelo, en promedio fue de 0.22 a 12.13 m² ha⁻¹ con un promedio que varió desde 90 a 401 árboles por hectárea (Cuadro 2).

Cuadro 3. Características morfométricas del arbolado de mezquite.

Densidad	N° árboles /ha	Área basal m ² ha ⁻¹	Diámetro promedio (cm)	Cobertura copa (%)	de Altura promedio (m)	Biomasa t ha ⁻¹
Alta	401	12.13	16.43	134	6.10	108.35
Media	344	2.59	8.18	65	3.95	60.87
Baja	90	0.22	4.68	11	2.64	11.74
Cortinas	312	4.76	10.35	104	5.87	91.63

En un estudio realizado por Casiano *et al.*, (Ramón T Caciano, Saucedo, Ávalos, Núñez, & Soto, 2011), especifica que para el estado de Durango las poblaciones con mezquite han disminuido con una tasa promedio de 500 ha/año, esto es consecuencia de la estar influyendo la presión que se ejerce sobre el recurso (Osuna & Meza, 2003).

6.1.1. Abundancia (Densidad)

El número de árboles encontrados por densidad entre la cortina, la media y el alta no presentaron diferencias estadísticas significativas solamente la densidad baja mostró diferencias significativas respecto a la media para las demás densidades evaluadas ($p=0.0017$) (Anexo 2). La mayor densidad de plantas de mezquite se presentó en la clasificada como alta con 400 individuos por hectárea, en cortina con 312 en media con 344 y la menor fue para baja con 90 individuos por hectárea (Figura 7).

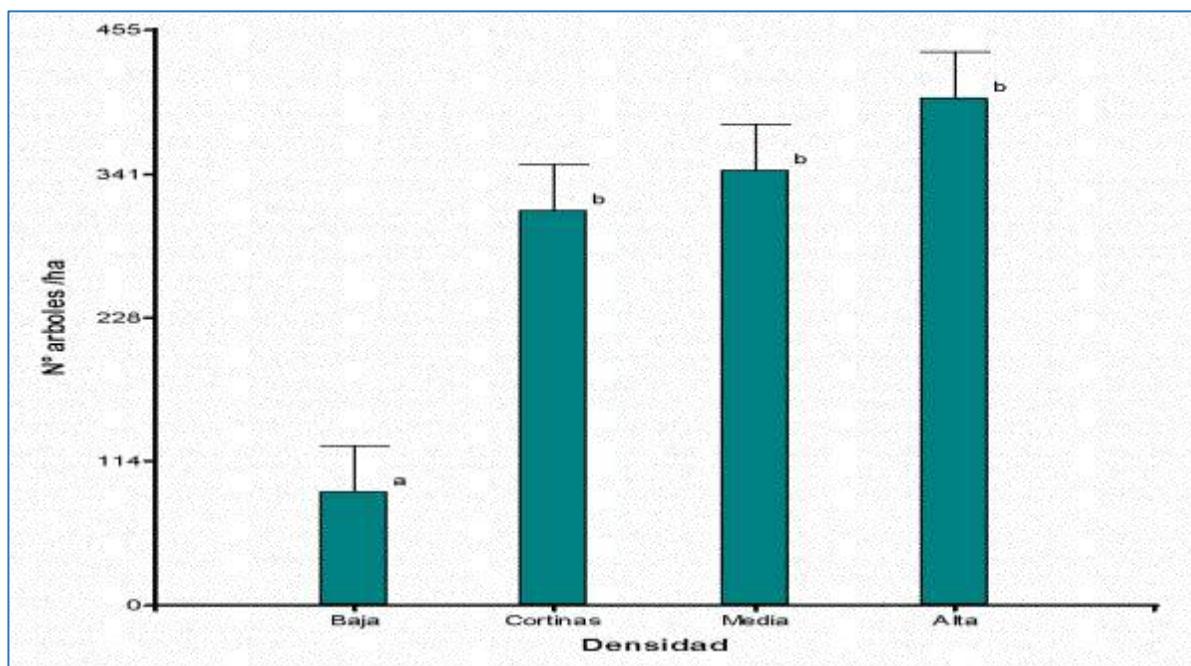


Figura 8. Numero de árboles por hectárea. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$).

La densidad encontrada en los niveles de densidad alta, media y cortinas es superior a lo reportado por Ruíz (Ruiz Tavares, 2011) (194 árboles por ha), quien evaluó poblaciones de *Prosopis laevigata* en el altiplano potosino, en la densidad baja los mezquites se presentaron forma arbustiva en su totalidad, es decir ramificaciones

desde la base, presentando más de dos tallos principales. Aunque no se muestran diferencias estadísticas en el número de árboles en las densidades cortinas media y alta, si hay diferencias numéricas lo cual puede ser un factor importante ya que en campo se observó claramente la diferencia de sitios, esto se puede deber a que el bosque de mezquite en estas áreas presenta muchas variaciones en cuanto a tamaño y cobertura, lo que puede engañar si solo se ven los números.

6.1.2. Diámetro normal promedio

En cuanto a la variable de diámetro normal se aprecia una alta variación de las medias de los individuos de mezquite, desde 4.68 hasta 16.44cm; esta variación se debe a los valores extremos registrados que provienen de renuevos y árboles adultos. Se encontraron diferencias significativas entre la densidad baja y alta, quedando estadísticamente iguales ($p=0.001$) (Anexo 2) para esta variable las densidades cortinas, media y baja (Figura 7).

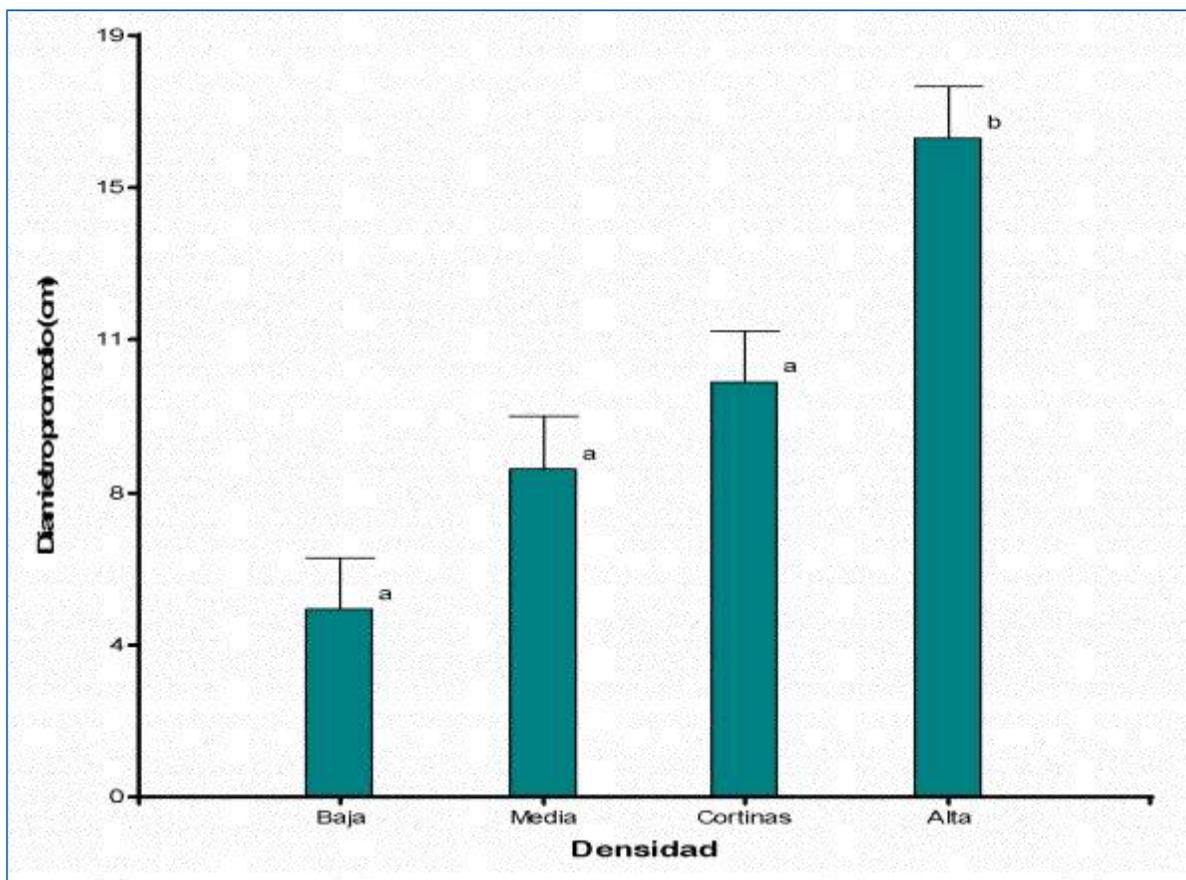


Figura 9. Diámetro promedio. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El diámetro normal puede estar íntimamente relacionado con la producción de vainas de los mezquites (Ruiz Tavares, 2011).

6.1.3. Altura

La altura de las plantas de mezquite, en promedio varió de 2.64 a 6.10 m en las diferentes densidades ; en términos generales la altura es similar entre la densidad alta y cortinas pero diferente entre baja y media y cortinas y alta($p=0.0011$) (Anexo 2), siendo en la densidad baja donde se encontraron las plantas más pequeñas, esta menor talla de los árboles en los sitios referidos, puede ser un reflejo del impacto que se tiene por efecto de los aprovechamientos en la cercanías de los centros de población y es probable que se trate de individuos jóvenes en pleno crecimiento (Figura 9).

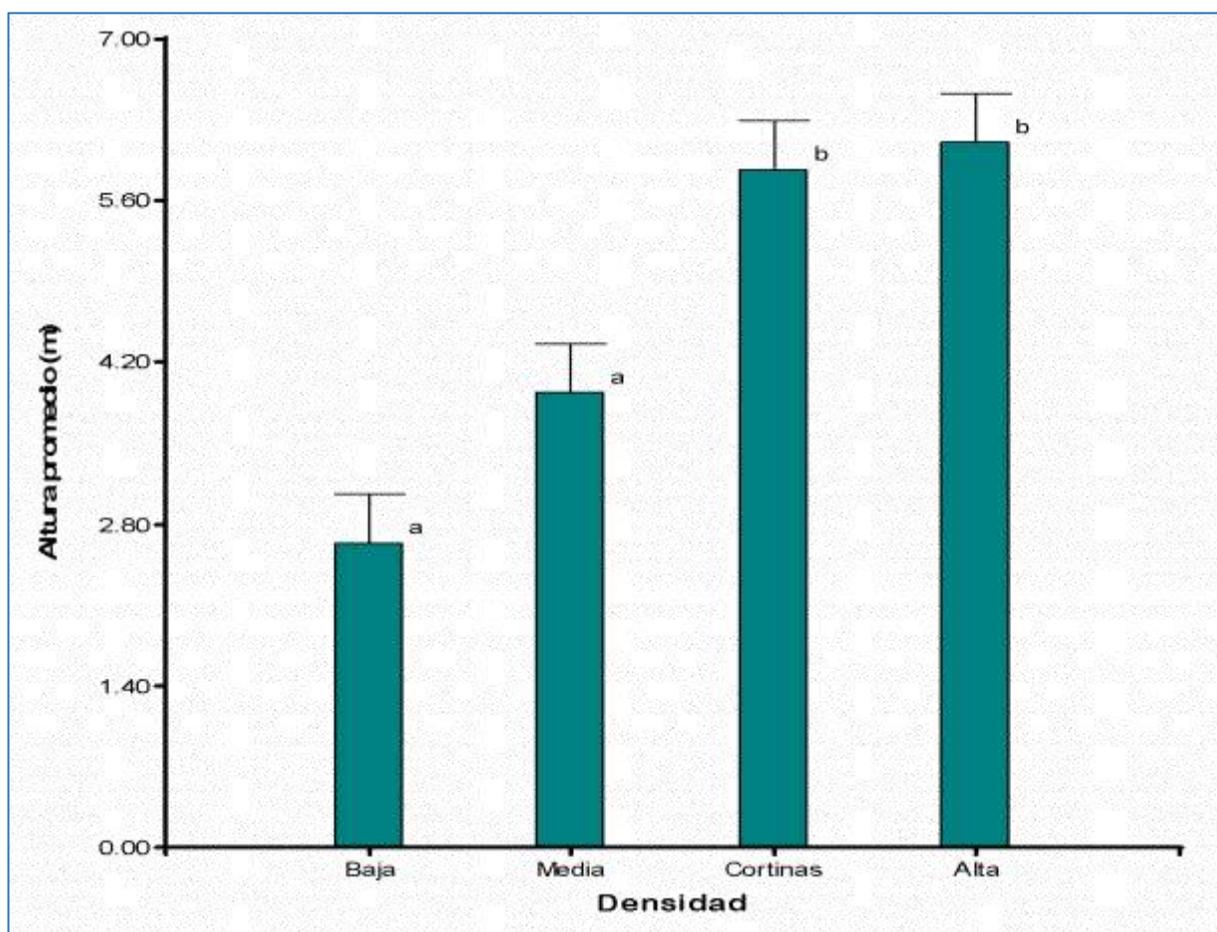


Figura 10. Altura promedio. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La talla de los árboles del Ejido Pasaje es superior a la que se observa para otras especies de mezquite que se desarrollan en Norteamérica, con alturas reportadas de 2.52 a 5.5 m (Delatorre, Pinto, & Cardemil, 2008; Felker, 1996; Pasiiecznik et al., 2001). Sin embargo, son ligeramente menores comparadas con la altura promedio que se reportó en un estudio realizado en el Altiplano Potosino para la misma especie (10.95 m) (Ruiz Tavares, 2011).

6.1.4. Cobertura de copa

La cobertura aérea de las plantas o área que cubre la copa de los árboles de mezquite fue desde 11 para la densidad baja hasta 134% para la densidad alta, mostrando diferencias estadísticas significativas entre densidad baja y alta, siendo la densidad media (65%) y cortinas (104%) estadísticamente similares ($p=0.02$) (Anexo 2). Las plantas con mayor cobertura se observaron en la densidad alta y cortinas, aunque en la densidad media y cortinas son estadísticamente similares (Figura 10).

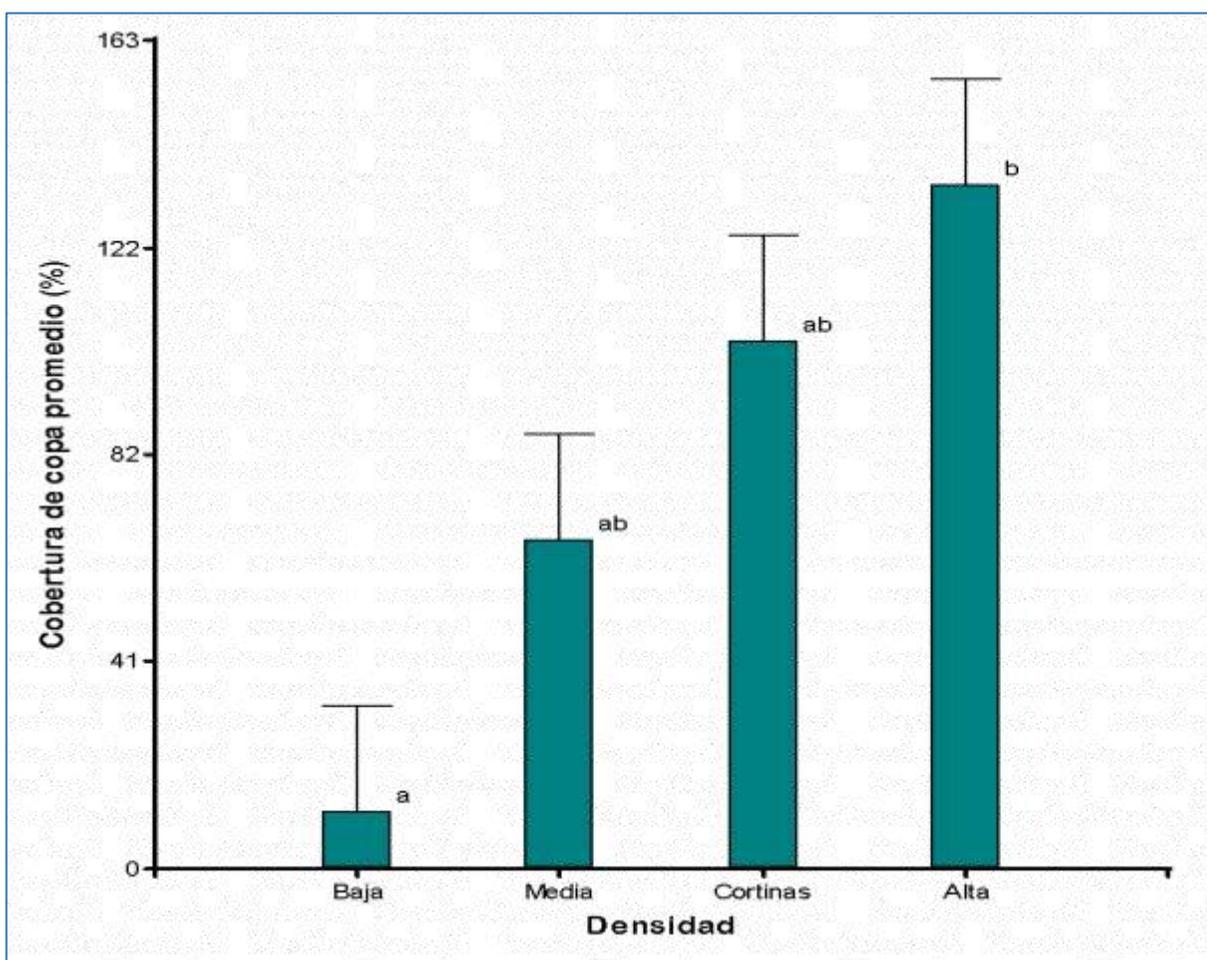


Figura 11. Cobertura de copa promedio. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El dosel arbóreo (cobertura aérea) que presenta la densidad media, cortinas y alta de esta zona es ligeramente superior a lo reportado por Valenzuela-Núñez y colaboradores (55%) para el área de Cuencamé y puede cumplir con la función de planta nodriza para el refugio de fauna silvestre y para el desarrollo de otras plantas, sobre todo cactáceas, que requieren de plantas protectoras en sus primeros años de vida (Granados Sánchez, López Ríos, & Gama Flores, 2001; Valenzuela-Núñez et al., 2013).

La dominancia de la densidad alta supera al 100% lo cual puede indicar que es importante implementar un plan de manejo para aprovechamiento de individuos suprimidos y mal conformados puesto que la densidad misma limita el crecimiento y desarrollo de los individuos (Sánchez & Leal, 2003)

6.1.5. Área basal

El área basal promedio mostró diferencias estadísticas significativas ($p=0.00003$) (Anexo 2), entre las cuatro densidades clasificadas en este estudio, evidenciando valores desde 0.22 a 12.13 $m^2 ha^{-1}$, en la **Figura 11** se muestra como la densidad alta registró el área basal de los tallos superior a las demás densidades y la densidad que registró la menor área basal fue la baja, con diferencias marcadas entre cada densidad.

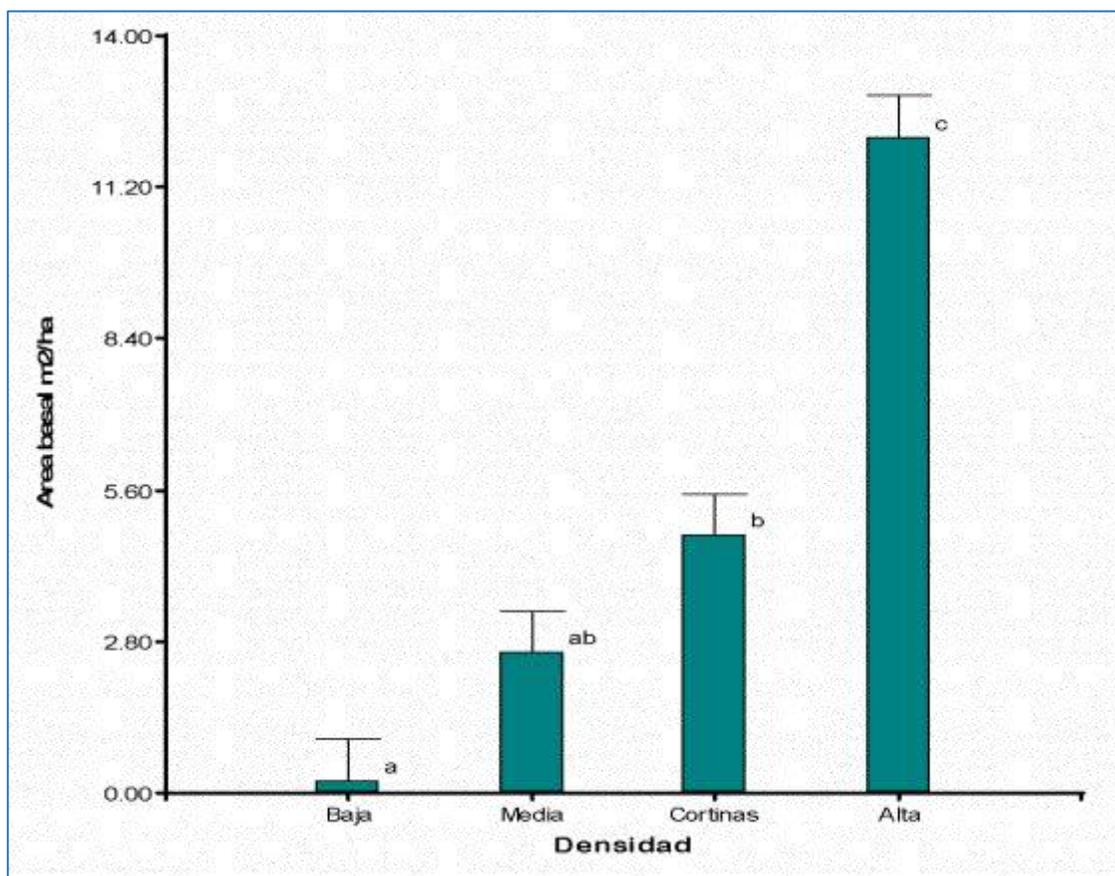


Figura 12. Área basal. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Si se considera la cantidad de plantas por ha y su cobertura como un atributo para la conservación del suelo, hábitat y cuenca, la densidad cortinas y alta se encuentran en buena condición, puesto que hablando de estas características, podemos darnos cuenta que es gran parte del suelo está protegido de vientos y precipitaciones que podrían ocasionar erosión eólica e hídrica al suelo, además los altos valores en cobertura de copa nos hablan directamente de la posibilidad de ser usadas esas ramas

como refugio de fauna silvestre y de la resistencia que opone para cuando se presentan las lluvias, esta llegue suavemente al suelo y pueda ser el exceso infiltrado y así aportar más recarga a la cuenca (Osuna & Meza, 2003).

6.1.6. Biomasa aérea

En lo que respecta a la predicción de biomasa aérea, es decir la cantidad de materia orgánica que está por encima del suelo, nos muestra que hay diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0.01$) (Anexo 2) entre baja y media, agrupando a cortinas y alta como estadísticamente iguales, sin embargo, numéricamente muestra rangos que van desde 11.74 a 108.35 $t\ ha^{-1}$ (Figura 13).

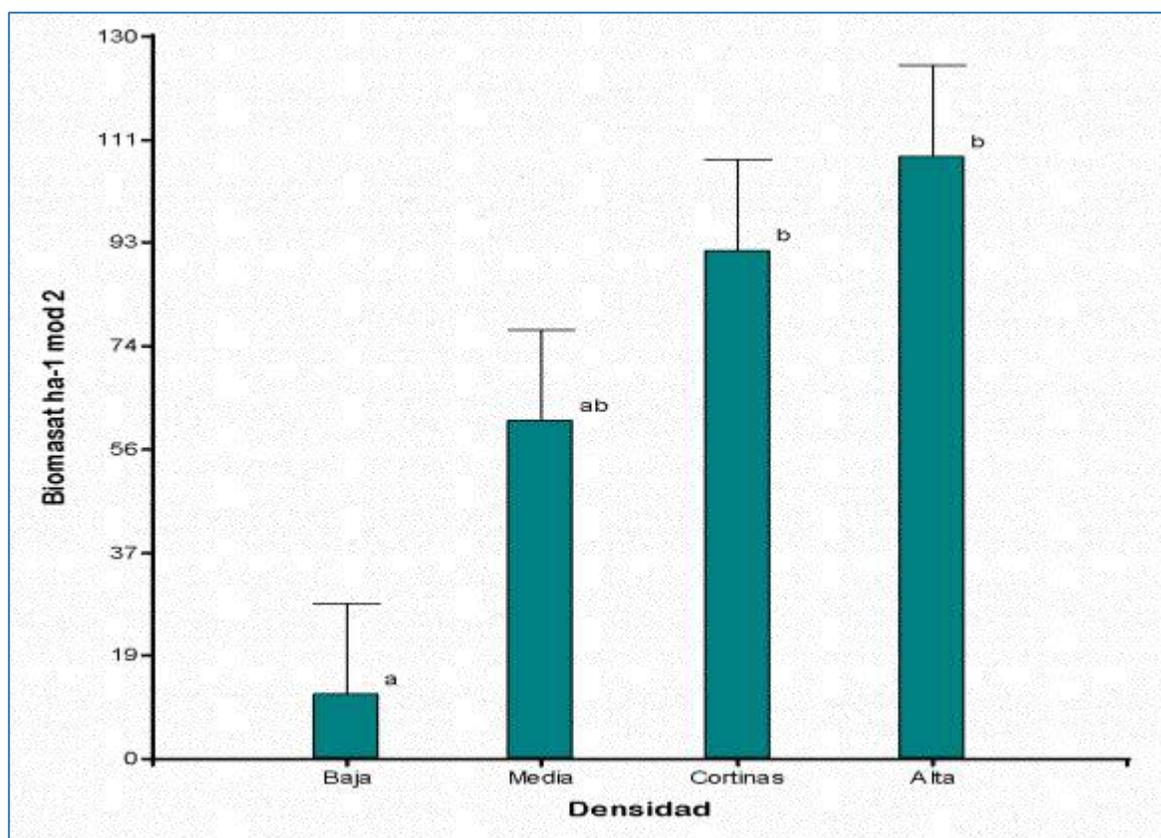


Figura 13. Biomasa aérea modelo 2. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La biomasa en promedio es de 68 $t\ ha^{-1}$, siendo un valor superior a lo reportado por Meza y Ozuna (23 $t\ ha^{-1}$) quienes realizaron un estudio en Baja California Sur, Whisenant y Burzlaff (30 $t\ ha^{-1}$), con un estudio en Texas y Sharifi (28 $t\ ha^{-1}$) con un

estudio en California, todos con una especie de este género (Osuna & Meza, 2003; Sharifi-Rad et al., 2019; Whisenant & Burzlaff, 1978).

De los cuatro tipos de densidades que se clasificaron y la biomasa calculada, se puede observar que la clasificada como cortinas y la densidad alta comparten características, lo cual nos puede dar un indicio de que las superficies que ahora son utilizadas para la agricultura, algún día estuvieron cubiertas por mezquites (Ramón T Caciono et al., 2011).

6.2. Análisis de la utilidad social

6.2.1. Conocimiento sobre el mezquite

El 94% de las personas de la población encuestada de Pasaje, Cuencamé., Durango conoce o identifica el árbol de mezquite (Figura 13a), mientras que el 98% utiliza o ha utilizado alguna de las partes que lo componen ya sea las hojas, las ramas, el tronco, los frutos, la corteza, las flores o la raíz (Figura 13b), el consumo personal y la alimentación animal es para lo que mayormente se destina el recurso (Figura 13c), mientras que el uso más común es para forraje y combustible, seguido de la opción de otros a lo que los pobladores comentaron que lo utilizaban para postes y cercos, solo el 2% lo utiliza para la elaboración de alguna bebida y de pan, la población no lo utiliza como fruta de mesa ni para la elaboración de muebles (Figura 13d).

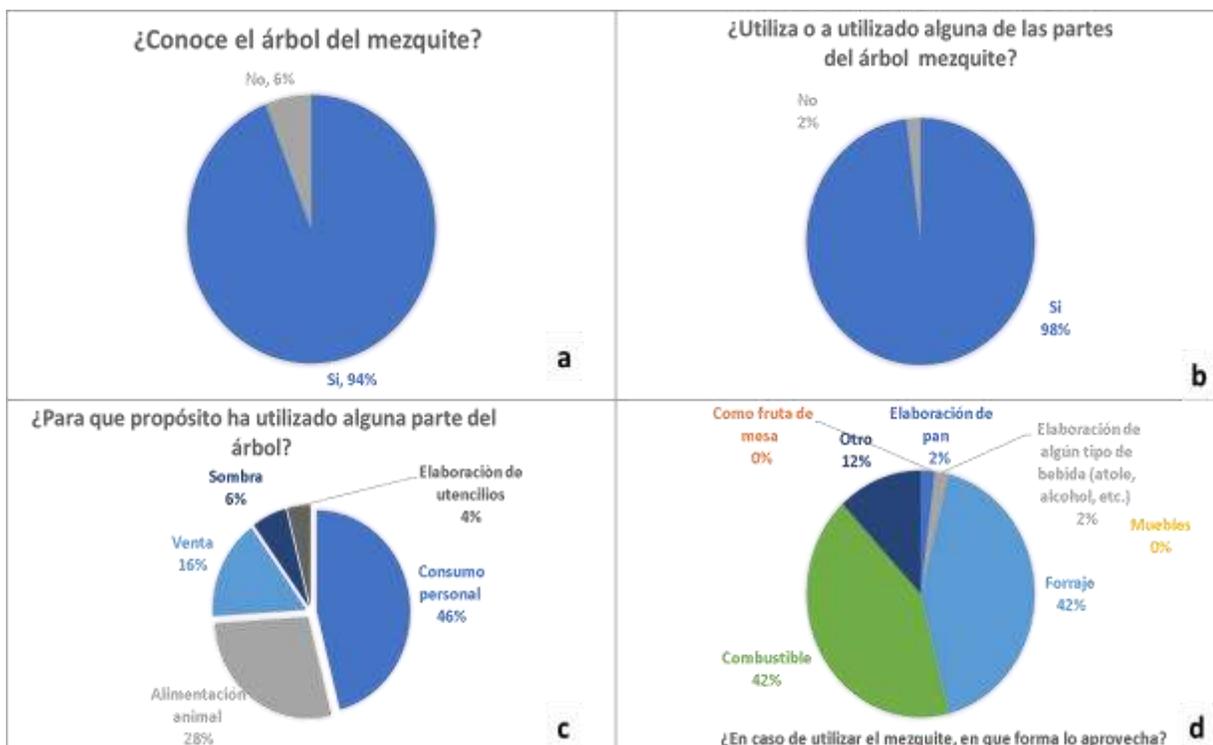


Figura 14. Conocimiento sobre el mezquite

Se ha destacado que cuando los bosques de mezquite son manejados con el conocimiento adecuado, pueden constituir opciones positivas con consecuencias económicas y sociales a favor de quienes poseen este recurso (Villanueva et al., 2004)

6.2.2. Utilidad y tratamiento para el mezquite

El 92% de la población encuestada utiliza las ramas y los frutos del mezquite, el 6% utiliza el tronco y solo el 2% usa la corteza, no se utiliza la raíz, flores, hojas ni las gomas (Figura 14a) y el 84% de las personas que usan el mezquite recolectan la parte que utilizan mientras que el resto lo compra (Figura 14b), el 56% utiliza el mezquite todo el año mientras que los meses de julio, agosto y septiembre tienen una presión del 44% (Figura 14d), el 84% de las personas que usa alguna parte del mezquite no le brinda ningún tratamiento, mientras que el 16% si lo hace, mayormente el tratamiento es para los frutos que los ponen a secar y los encostalan (Figura 14c).

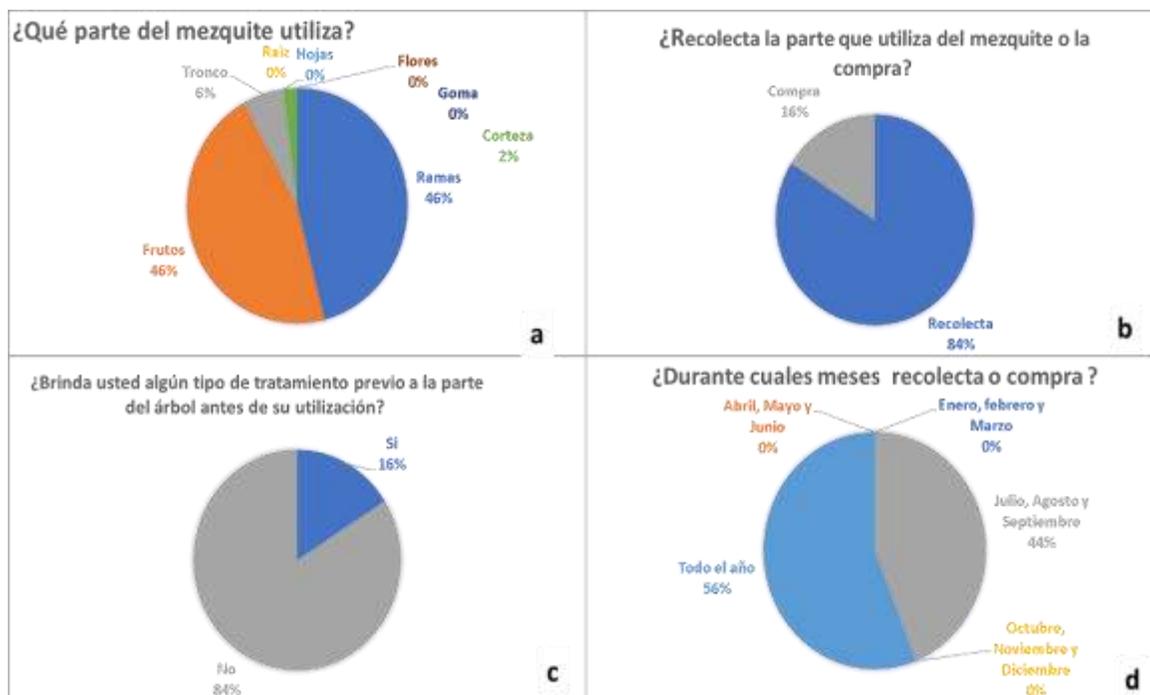


Figura 15. Utilidad y tratamiento para el mezquite

Coincidentemente con Muñoz, es importante resaltar en base a la información anterior que “los servicios ecosistémicos del mezquite no están a la venta, lo que implica que no son valorados suficientemente lo cual trae como consecuencia la deforestación de los bosques por el uso directo, ya que no toman en cuenta los valores de existencia, dejando como consecuencia graves problemas de erosión” (Muñoz, 2018).

6.2.3. Tradición del uso del mezquite

El conocimiento del uso del mezquite ha sido en su mayoría transmitido por los antepasados (98%) y solo una pequeña cantidad a adquirido el conocimiento por investigación propia (Figura 15a). La mayoría de los pobladores actualmente siguen utilizando alguna parte del mezquite, solo el 28% ya no lo usa, mientras que el 18% lo utilizo alguna vez por más de 10 años y mayormente lo han dejado de usar por cuestiones de la edad y trabajos fuera de la comunidad (Figura 15b).

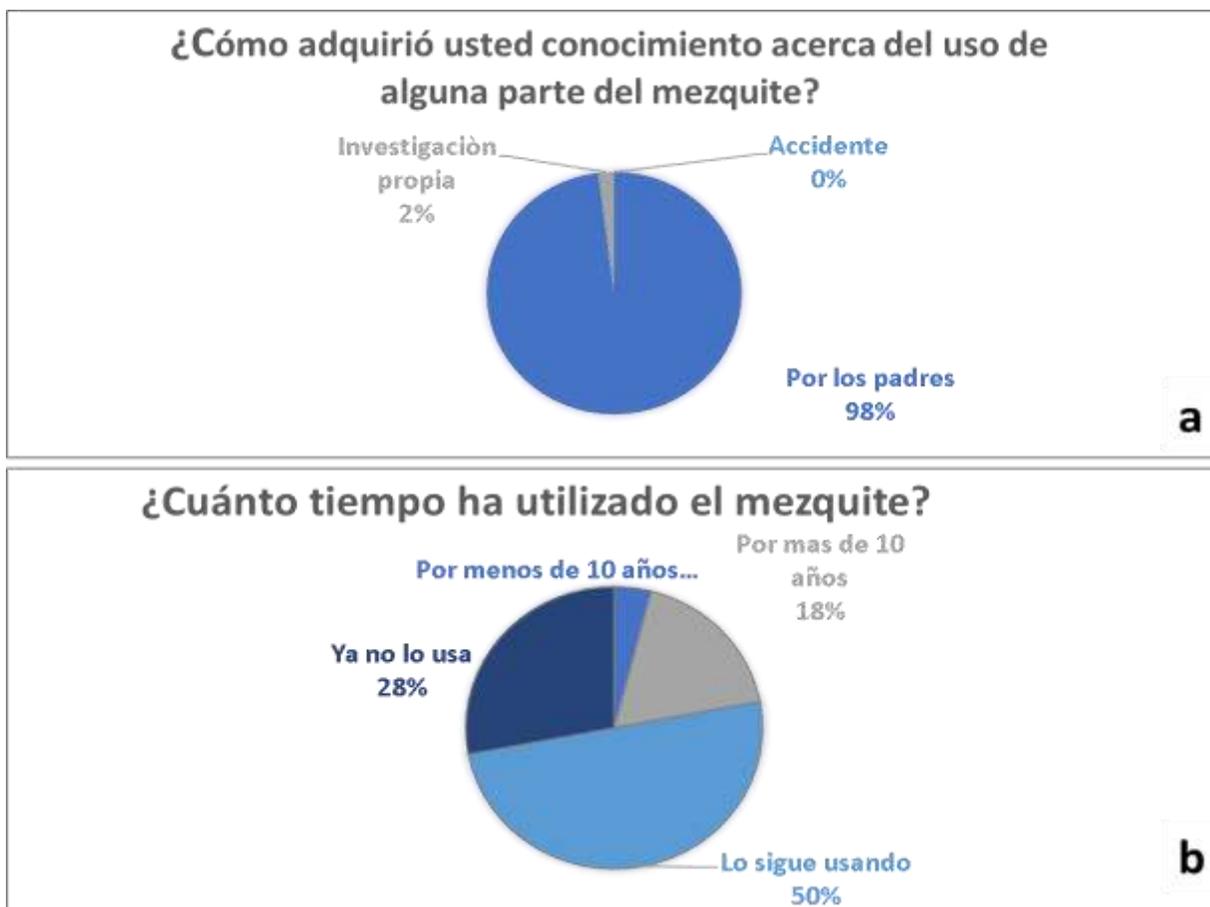


Figura 16. Tradición del uso del mezquite

Como podemos ver el mezquite ha sido de utilidad para los habitantes de esta zona semi arida de Durango, desde hace mucho tiempo y actualmente sigue siendo uno de los principales recursos naturales de donde obtienen sustento para su vida cotidiana como lo hicieron los antiguos cazadores recolectores que habitaban estos lugares (CONAZA, 1994).

6.2.4. Valoración del mezquite en la comunidad Pasaje, Cuencamé Durango

En el poblado Pasaje, el 34% de los habitantes ha tenido la oportunidad de plantar un árbol de mezquite y aunque el 66% no lo ha hecho (Figura 16a), la mayoría brinda algún tipo de cuidado a los árboles de mezquite que utiliza (Figura 16b), el 90% de los pobladores consideran de alta importancia el recurso mezquite para su comunidad

(Figura 16c) y solo el 2% ha recibido algún tipo de información sobre este árbol (Figura 16d).

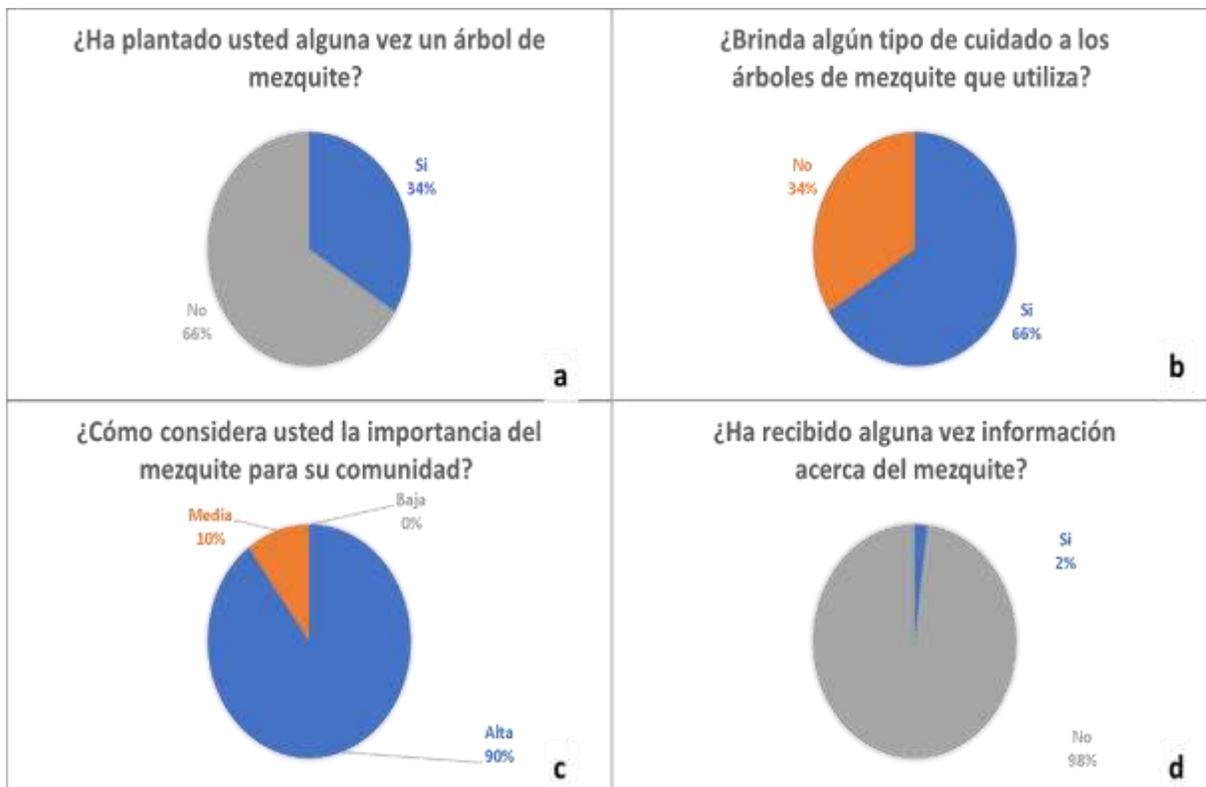


Figura 17. Valoración del mezquite en la comunidad Pasaje, Cuencamé Durango.

El uso del mezquite es sin duda un factor importante para los habitantes de esta zona, pues la mayoría tiene interés por el árbol, sin embargo, desconocen muchos de sus usos potenciales, entre ellos el uso de las sustancias extraíbles de la madera, así mismo otros autores indican que los bosques de *Prosopis laevigata* sirven como sumideros de algunos metales pesados y que pueden ser utilizados como fitorremediación (López Fuentes, 2017).

6.3. Composición química de la madera

6.3.1. Obtención de extractos totales

Los resultados de las extracciones de la madera de *Prosopis laevigata* con solventes de polaridad creciente etanol: tolueno, etanol y agua caliente se muestran en el Cuadro 9. De acuerdo con los resultados obtenidos la mayor solubilidad se mostró con la

combinación etanol: tolueno, específicamente en la madera con corteza con un porcentaje de 11.81 y 10.23% para madera sin corteza. Así mismo el solvente con menor contenido de extractos para madera con corteza y madera sin corteza fue del etanol con 1.73 y 1.10% respectivamente, el agua caliente mostró valores intermedios (5.42 y 3.77%), el total de extracciones para madera sin corteza y con corteza fue de 15.10 y 18.94%.

Cuadro 4. Extraíbles totales (%) en relación con el peso seco.

Tratamiento	Etanol:Tolueno	Etanol	Agua caliente	Total
Madera con corteza	11.81(0.64)	1.73(±0.15)	5.42(±0.35)	18.96
Madera sin corteza	10.23(0.17)	1.10(±0.10)	3.77(±0.13)	15.10

Desviación estándar entre paréntesis

El porcentaje de extraíbles totales en este estudio es mayor a lo reportado por Carrillo y colaboradores (14 y 16%) para la misma especie pero en la región de noreste de México, esto puede atribuirse a que el porcentaje de extraíbles depende mucho del lugar en el que se desarrollen los individuos y a las condiciones a los que estos estén expuestos (Carrillo, Mayer, Koch, & Hapla, 2008; Han, 1996).

Aunque son inferiores a lo reportado por (Ramírez Serrano, 1991) quien reportó un total de 25% para duramen (Parte más seca , compacta y de color más oscuro por lo general , del tronco y ramas gruesas de un árbol), pero también realizó un análisis de rendimiento de extraíbles para la albura (parte nueva de la madera, corresponde a los últimos anillos de crecimientos del árbol, producidos por el cámbium vascular en el tallo de una planta, que corresponde al único xilema funcional) (12 %) que fue el valor que más se acercó a los valores reportados en este estudio, esto tal vez se deba a que en el estudio de Ramírez analizó por separado las partes de la madera ya que en el presente estudio el que se haya echo las extracciones sin hacer diferenciación de las partes de la madera pudo hacer que se promediaran los valores.

6.3.2. Obtención de extractos con distintos tamaños de partícula

El porcentaje de rendimiento de extracto fue mayor con etanol al 70% respecto al lavado con agua mostrando diferencias estadísticas significativas ($p=0.0001$) entre solventes, sin embargo, entre tamaño de partícula de la malla 10 y malla 60 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0.0001$) para el solvente etanol (Figura 18).

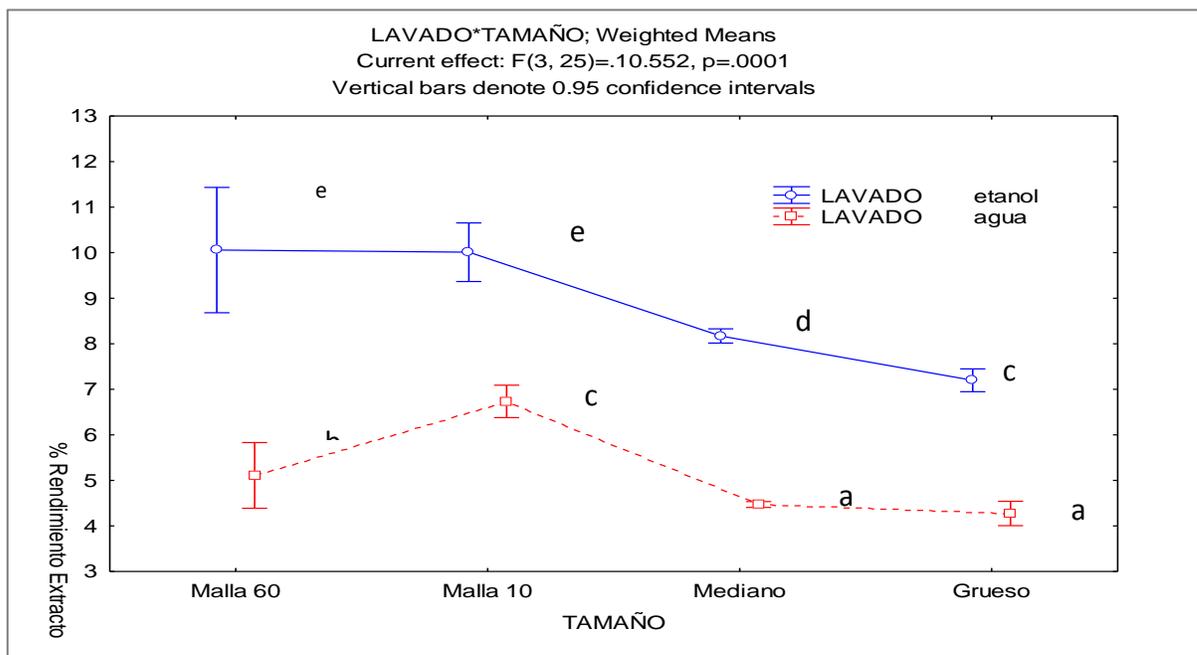


Figura 18. Cantidad de sólidos que se solubilizan de la madera en el sitio de densidad media

El tamaño de partícula y las propiedades químicas del solvente de extracción afectan de forma significativa el rendimiento de extracto, la utilización de etanol al 70% duplica la cantidad de solubles con respecto a la extracción con agua.

6.3.3. Obtención de extractos con dos tamaños de partícula a tres diferentes densidades

En acuerdo a la calidad de sitio, se dieron diferencia en la abundancia de los mezquites, que como ya se mencionó se definieron como alta, media, baja y cortina, donde media y cortina fueron estadísticamente iguales ($p=$) en acuerdo a su biomasa, Esto también se ve reflejado en la cantidad de metabolitos secundarios generados por los mezquites de tal forma que se revisaron sus contenidos en extraíbles de los tres

tipos señalados, considerando también el tamaño de partícula usado para lograr las extracciones.

6.3.3.1. Malla 60 (0.25 mm)

Los extractos solubles para el tamaño de partícula de la malla 60 mostraron mayor rendimiento de extracción con el solvente etanol al 70%, con valores de 10 a 13%, siendo la densidad media donde se observó el menor rendimiento de extracto con ambos solventes (10 y 5%), la densidad alta mostró el mayor rendimiento con 13% para etanol al 70% y 8% para agua. La densidad media evidenció un porcentaje cercano a la densidad baja con 10% para etanol al 70% y 5% con agua (Cuadro 10).

Cuadro 5. Promedio y desviación estándar ($n=6$) del contenido de extractos solubles (%) para malla 60.

Densidad	Malla 60	
	Etanol 70%	Agua
Alta	13.21(± 0.41)	8.05(± 0.14)
Media	10.06(± 0.87)	5.1(± 0.45)
Baja	10.37(± 0.20)	7.53(± 0.14)

Se observaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.0001$) en la densidad media baja y alta de los extractos en el tamaño de malla 60 con valores promedios de 7.58, 9 y 11% respectivamente. El solvente etanol (11%) mostró en promedio un mayor rendimiento de extracción con respecto al agua (7%) revelando diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.0001$) entre ambos solventes (Figura 19).

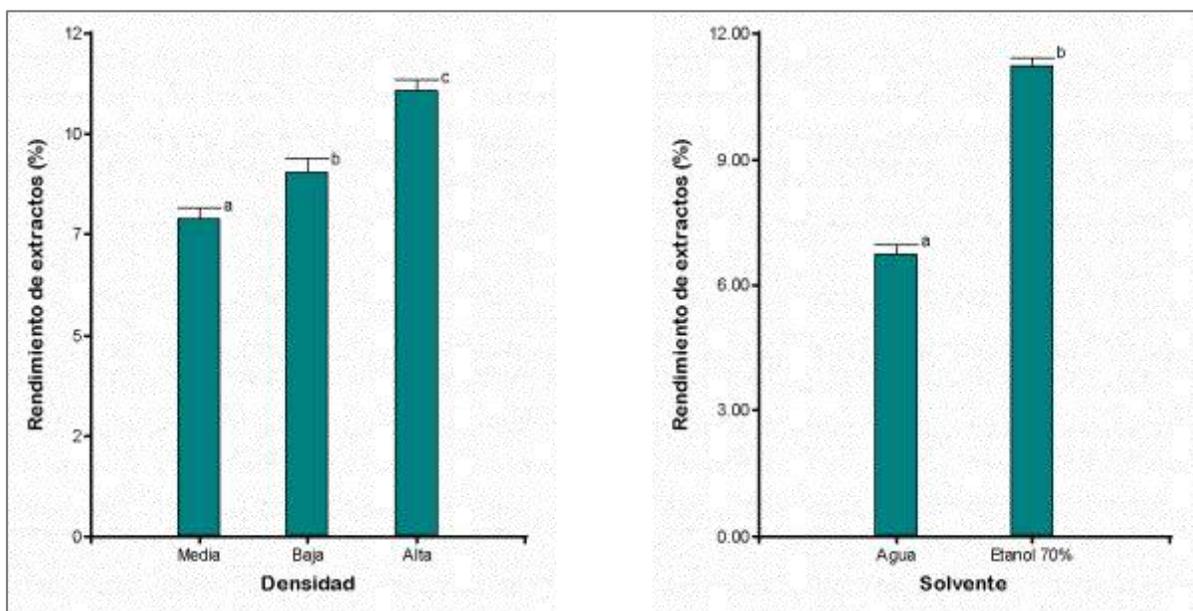


Figura 19. Valores medios del rendimiento de extractos en los tres niveles de densidad y con dos diferentes solventes en malla de 60. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El rendimiento de extracciones para cada una de las densidades y con los dos solventes utilizados son ligeramente superiores a los valores encontrados por otros autores en especies de pino con valores que van desde 2 a 8% (Fengel, 1984; M. Fonseca, 2006; Rodríguez, 2005). Las medias muestran que el agua demuestra ser un solvente más selectivo, ya que presenta una absorbancia mínima con respecto al etanol al 70%.

6.3.3.2. Tamaño mediano (2x1 cm)

Los extractos solubles para el tamaño de partícula mediano mostraron mayor rendimiento de extracción con el solvente etanol al 70%, en un rango de 6 a 8%, siendo la densidad baja donde se observó el menor rendimiento de extracto (6%) con el solvente etanol al 70% y la densidad media (4%) con el solvente agua, la densidad media mostró el mayor rendimiento con 8% para etanol al 70% sin embargo también fue la que mostró el menor rendimiento de extracción en agua. La densidad alta evidenció un porcentaje cercano a la densidad media con 7% para etanol al 70% y 5% con agua (Cuadro 11).

Cuadro 6. Contenido de extractos solubles (%) en tamaño de partícula mediano

Densidad	Mediano	
	Etanol 70%	Agua
Alta	7.16(0.07)	5.29(0.10)
Media	8.17(0.01)	4.47(0.04)
Baja	5.59(0.25)	5.66(0.12)

Desviación estándar entre paréntesis

No se observaron diferencias estadísticas significativas ($p=0.2325$) en los valores medios de la densidad baja, alta y media de los extractos en el tamaño mediano con valores promedios de 6, 6 y 6% respectivamente. El solvente etanol (7%) mostró en promedio un mayor rendimiento de extracción con respecto al agua (5%) revelando diferencias estadísticamente significativas ($p\leq 0.0001$) entre ambos solventes (Figura 20).

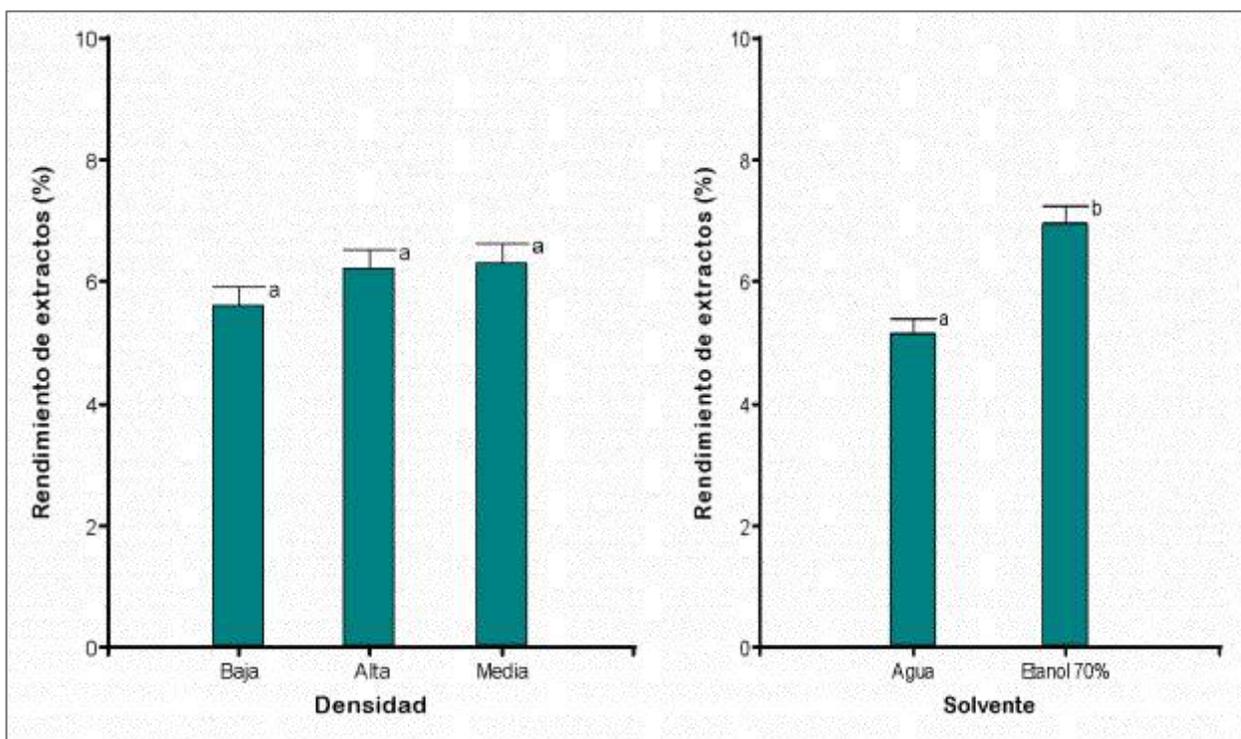


Figura 20. Rendimiento de extractos en los tres niveles de densidad y con dos diferentes solventes en tamaño mediano. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

El contenido de extraíbles puede estar íntimamente ligado a propiedades tecnológicas y físicas, en diferentes especies pueden aumentar la resistencia mecánica y la estabilidad dimensional, y por otra parte pueden disminuir el punto de saturación de la

fibra y el contenido de humedad en equilibrio además de otras propiedades tecnológicas (Ávila & Herrera, 2012).

6.3.4. Valores promedio del porcentaje de extracción con respecto a tres niveles de densidad, dos tamaños de partícula y dos solventes independientes

Los valores medios del porcentaje de extracción con ambos solventes muestran diferencias estadísticas significativas ($p=0.0001$) entre densidad alta y densidad media y entre densidad alta y baja, las densidades media y baja no son significativamente diferentes, con valores promedio de 7, 7 y 8% para las densidades media, baja y alta respectivamente. Los valores promedio de rendimiento de extractos entre tamaños de partícula mediano (6%) y malla 60 (9%) son estadísticamente diferentes ($p\leq 0.01$). Así mismo el rendimiento de extractos con respecto a los dos solventes utilizados muestran diferencias estadísticas significativas ($p\leq 0.0001$) (Anexo 3), con valores promedio de 6% para el solvente agua y 9% para el solvente etanol al 70% (Figura 21).

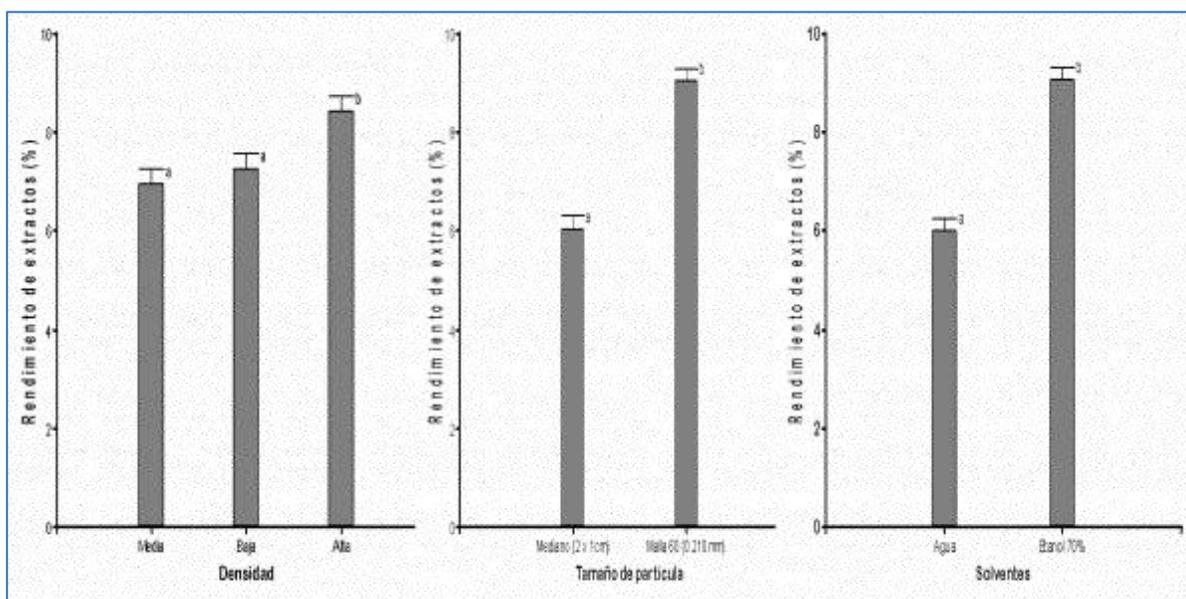


Figura 21. Valores medios del rendimiento de extractos en los tres niveles de densidad, con dos diferentes tamaños de partícula y solventes agua y etanol al 70%. Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Es de valor analizar lo reportado por (M. Fonseca, 2006) quien hace alusión a que la cantidad y composición de los extractivos cambia dependiendo de la especie, parte del árbol, época del año, condiciones de crecimiento de la especie y los métodos de extracción puesto que en este estudio se analizaron tres condiciones de crecimiento: densidad alta, media y baja, donde en al menos una de esta hubo diferencias, así mismo es importante destacar que además de los métodos de extracción: el tipo de solvente y el tamaño de partícula influyen directamente en al menos el rendimiento de los extractos, ya que los metabolitos de las plantas pueden cambiar al contener diferentes compuestos como pueden ser: ceras, fenoles, azúcares y grasas.

Por otra parte, si se requiere utilizar la madera directamente como soporte para biofiltros (Sosa-Hernández *et al.*, 2016) se recomienda tomarla de las densidades baja y media, puesto que fueron las que mostraron el menor contenido de extraíbles y esto puede resultar en ahorro de agua al realizar el lavado de la madera y una vez que estos cumplan su función los residuos pueden ser depositados para composta (Vicente-Arbona, Carrasco-Hernández, Rodríguez-Trejo, & Villanueva-Morales, 2019).

6.4. Propuesta de uso del mezquite

Este trabajo aporta información sobre el contenido de sustancias extraíbles de la corteza y madera del *Prosopis laevigata*, lo cual dio rendimientos de hasta 18 %, ligeramente superiores a los reportados por Carrillo y colaboradores (16%) para la misma especie (Carrillo *et al.*, 2008).

Dichos extraíbles han mostrado buenos resultados para tratar algunas células cancerígenas, de esto se siguen estudiando sus propiedades (Henciya *et al.*, 2017; Sharifi-Rad *et al.*, 2019).

Cerca del 60% de los compuestos anticancerígenos y el 75% de los medicamentos contra enfermedades infecciosas son de origen vegetal o se derivan de estos (Pérez-Alonso & Jiménez, 2011), son la materia prima para las grandes farmacéuticas, las cuales serían las principales consumidoras de los extraíbles del mezquite para ser

transformados en medicinas de patente, lo que abre un abanico de oportunidades y aunque no esté el mercado específico para el consumo de las sustancias extraíbles de *Prosopis laevigata*, este estudio es una base que sentará un precedente de la situación del mezquite y el contenido de extraíbles en la madera, lo que ayudará a que cuando se realicen los estudios de factibilidad el proceso de aprovechamiento de las sustancias extraíbles de la madera de mezquite sea mucho más rápido y efectivo.

Considerando lo anterior y suponiendo que se tengan un valor económico significativo para el uso de los extraíbles, se establece la siguiente propuesta de uso del mezquite, así mismo en la Figura 23 se puede observar cada etapa de la propuesta que es descrita a continuación:

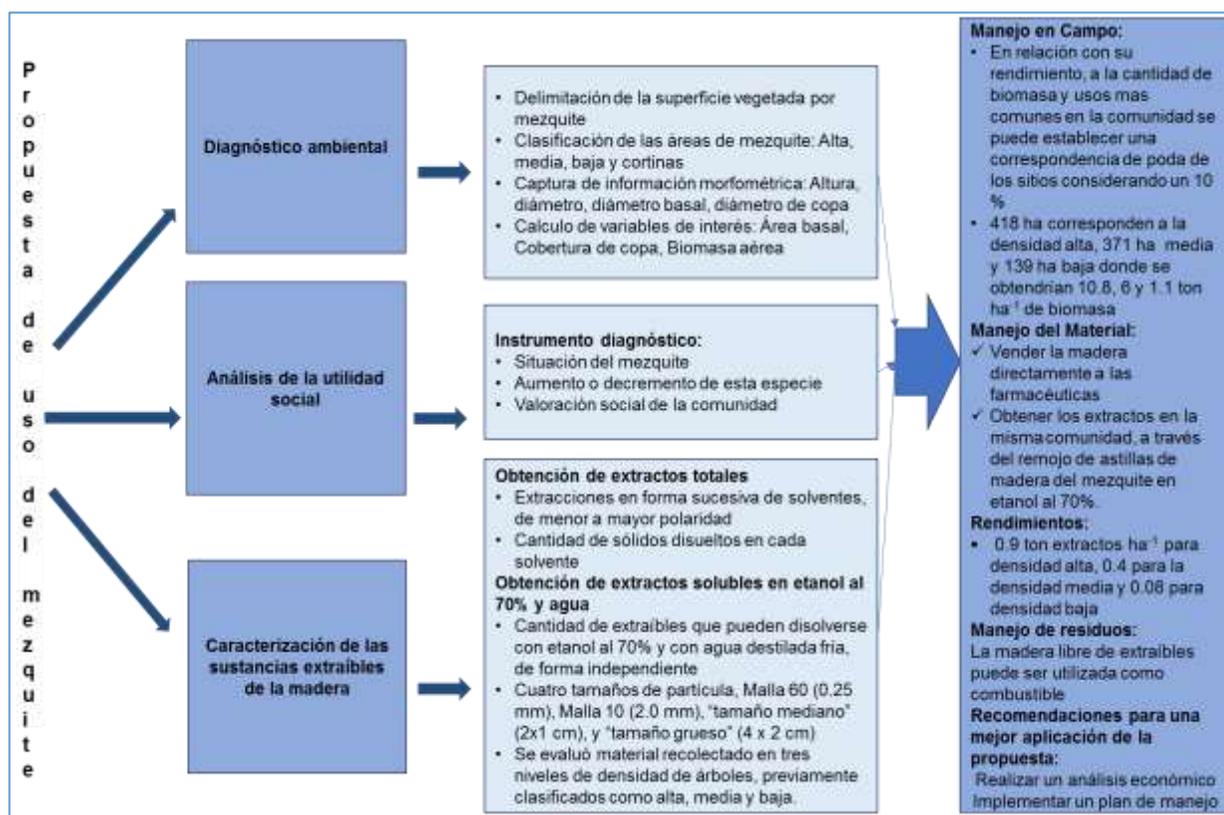


Figura 22. Etapas de la propuesta

Manejo en Campo

El mezquite existente en el área del Ejido Pasaje está presente en diversos usos de suelo como: Agricultura de riego, agricultura de temporal, área urbana, matorral desértico micrófilo y pastizal natural. Ocupa un área de 928 ha, que para fines de manejo se clasificaron en base a la cantidad de árboles (abundancia o densidades) en: alta, media, baja y cortinas.

En relación con su rendimiento y a la cantidad de biomasa determinada en cada tipo de densidad, se puede establecer una correspondencia de poda de los sitios considerando un 10 % del mismo, esto como sugerencia, tomando en cuenta que es el máximo que se autoriza para el aprovechamiento de leña en estas zonas, (Hawley, 1972), menciona que todas las ramas bajas debilitadas de un árbol pierden más energía por la respiración de lo que logran por fotosíntesis, así, el aprovechamiento de estas ramas no reduce el crecimiento y algunas veces lo aumenta ligeramente, además de evidenciar un mayor incremento en la copa, la altura y el área basal (Flores, Lorence, & Ávila, 2007), este aprovechamiento implica motosierra, vehículos y asesoría técnica para no exceder la carga establecida.

El aprovechar específicamente las ramas de los mezquites asegurará la permanencia de la especie, aunque puede estar afectando uno de los usos más frecuentes que se le dan en la comunidad que es la recolección de frutos, sin embargo con la diferenciación de áreas se puede implementar un uso alternado en donde mientras en algunas zonas se aproveche la madera para la extracción de sustancias en otras se aproveche solamente para recolección de frutos, haciendo rotaciones para asegurarse de no ser afectados (Osuna & Meza, 2003).

Se puede observar en el Cuadro 7 que 418 ha corresponden a la densidad alta, 371 ha a la media y 139 ha a la baja donde se obtendrían 10.8, 6 y 1.1 ton ha⁻¹ de biomasa, que es lo que corresponde solamente al 10% de poda sugerida. Hernández y Villanueva sugieren dejar una cobertura mínima de 30% o menor a 50% por lo que el aprovechamiento de las ramas de poda dependerá en gran manera de la cobertura de copa estimada en cada densidad, por lo que se sugiere comenzar con el

aprovechamiento de la densidad alta, después la media y evitar aprovechar de la baja hasta que esta tenga una cobertura de copa de al menos 30% (Herrera Fernández, 2013).

Cuadro 7. Rendimiento de biomasa por densidad y por unidad de superficie

Densidad	Superficie ha	Biomasa ton ha ⁻¹	10 % De poda
Alta	418	108	10.8
Media	371	60	6
Baja	139	11	1.1

Manejo del Material

Para obtener los extractos, después de las podas, se tienen dos opciones:

1. Vender la madera directamente a las farmacéuticas
2. Obtener los extractos en la misma comunidad, a través del remojo de astillas de madera del mezquite en etanol al 70%.

Para la segunda se tendría que adquirir diversos materiales:

- Etanol al 70%,
- Molino para astillar o moler la madera
- Recipientes grandes ya sean tambos de plástico o piletas que puedan ser limpiadas constantemente,
- Estufa para poder evaporar el solvente y recipientes para este mismo fin.

Dentro de esta opción existe el planteamiento de la instalación de un laboratorio, que requeriría de una inversión mayor, pero en el cual se podrían obtener el total de extractos de la madera y tal vez hasta manufacturar el producto es decir darle el manejo adecuado para poder obtener los extractos y venderlos en una presentación para público en general, lo que les daría un valor agregado.

Como recomendación, al momento de obtener la madera, ésta no debe ser arrastrada ya que al tener contacto con el suelo pueden adherirse impurezas que afecten el proceso de extracción.

Rendimientos

Tomando como base el aprovechamiento de solo el 10%, tenemos que en el nivel de densidad alta donde la producción de biomasa fue de 108 ton ha⁻¹ de esta solo se extraerían 10.8 ton ha⁻¹ y sabiendo que el rendimiento de extracto fue del 8.43% tendríamos como resultado la obtención de 0.9 ton extractos ha⁻¹, 0.4 para la densidad media y 0.08 para densidad baja (Cuadro 8), esto solo es un valor por hectárea si se extrapola a él total de hectáreas por nivel de densidad esto correspondería a 376, 148 y 11 ton de extracto, lo que nos daría un total de 536 toneladas de extractos. Dependiendo de la cantidad de individuos en las diversas áreas ya clasificadas, las prácticas de aclareos y podas se deberán realizar en forma paulatina hasta alcanzar alrededor de unos 111 árboles ha⁻¹ (Patch & Felker, 1997).

Cuadro 8. Relación de rendimiento de extracto por unidad de superficie

Densidad	10 % De poda ton/ha	Rendimiento de extracto (%)	Toneladas de extracto ha ⁻¹
Alta	10.8	8.43	0.90
Media	6	6.95	0.40
Baja	1.1	7.29	0.08

Manejo de residuos

La madera libre de extraíbles puede ser utilizada como combustible una vez que sea secada al sol, por su contenido de celulosa y lignina las cuales son responsables de su contenido energético (Shebani, Van Reenen, & Meincken, 2008; White, 1987). Así mismo en el año 2013, se realizó un estudio donde compararon el poder calorífico con dos tipos de harinas (madera molida): una libre de sustancias extraíbles y una sin extraer (harina cruda), obteniendo en algunos casos que no existe diferencia estadísticamente significativa, lo que nos aclara, el que la madera esté libre de extractos no afecta el potencial de su uso como combustible (Herrera Fernández, 2013).

Recomendaciones para una mejor aplicación de la propuesta

Se recomienda realizar un análisis económico, donde se especifique el costo-beneficio, así como tomar en consideración aspectos sociales (integración del pequeño productor, actividad forestal no conflictiva con actividades productivas actuales) y a partir de este análisis elegir las alternativas más adecuadas para los objetivos propuestos: manejo sostenido de vegetación nativa y reforestación.

Los bosques de mezquite del ejido no cuentan con un plan de manejo, por lo que sería importante implementar uno en el que se incluyan la obtención de productos no maderables, como lo son la obtención de extractos, vainas, miel de las flores de mezquite e incluso gomas. Además, que el contar con un plan de manejo se mejorará la organización para su aprovechamiento y conservación, facilitando obtener recursos de diversas instituciones que apoyan a Ejidos que cuentan con este tipo de capital natural (Sanabria Botero, 2006; Valle, 2006).

VII. CONCLUSIONES

Se confirmó que los servicios ecosistémicos del mezquite no son valorados suficientemente, aunque esto implica una contradicción entre lo que la comunidad dice puesto que de acuerdo a las entrevistas el recurso mezquite es apreciado, sin embargo ningún entrevistado comentó la importancia de los mezquites como hábitat de fauna silvestre o como propiciadores de un mejor clima, lo cual trae como consecuencia la deforestación de los bosques por el uso directo, ya que no toman en cuenta los valores de existencia, dejando como consecuencia graves problemas de erosión.

Dentro del diagnóstico ambiental se delimitaron cuatro tipos de densidades: Alta, media, baja y cortinas, esta última encaja según las características morfométricas de los árboles en densidad alta, lo cual por sus características de altura, diámetro, cobertura de copa y área basal indican que las superficies que ahora son utilizadas para la agricultura, algún día estuvieron cubiertas por mezquites, por lo que es urgente atender aquellas áreas que aún se conservan con vegetación arbórea, así como las áreas de renuevos.

La madera de las ramas de los árboles de mezquite puede ser utilizada para obtener las sustancias extraíbles puesto que presentó altos contenidos de estos mismos presentando un rendimiento de 18% para madera con corteza y 15% para madera sin corteza con relación al peso seco de la madera, así mismo el rendimiento de los extraíbles se duplica utilizando como solvente el etanol y aunado a esto es importante destacar que el tamaño de partícula influye en el rendimiento de extraíbles.

La propuesta de este trabajo incluye las partes de manejo en campo teniendo 418 ha que corresponden a la densidad alta, 371 ha media y 139 ha baja donde se obtendrían 10.8, 6 y 1.1 ton ha⁻¹ de biomasa, manejo de material del que se proponen dos opciones para aprovecharlo, rendimientos que van de 0.9 ton extractos ha⁻¹ para densidad alta, 0.4 para la densidad media y 0.08 para densidad baja, manejo de residuos, donde se propone utilizar la madera libre de extraíbles como combustible recomendaciones para una mejor aplicación de la propuesta.

VIII. RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

Las condiciones ambientales en las que se encuentra el mezquite no son tan extremas lo cual puede facilitar conocer con certeza cuales son las características específicas para definir las áreas de crecimiento de esta especie, para lo cual además del trabajo ya realizado se recomienda evaluar las características del suelo y los índices agroclimáticos para monitorear el comportamiento de la variación estacional.

Puesto que con el solvente etanol se obtuvieron los mejores rendimientos de extracto se recomienda hacer pruebas con estos extractos a diferentes niveles y determinar la composición específica de estos extractos.

Debido a los resultados de la propuesta y viendo que se pueden obtener extraíbles de la madera de mezquite se recomienda realizar un análisis económico, donde se especifique el costo-beneficio, así como tomar en consideración aspectos sociales (integración del pequeño productor, actividad forestal no conflictiva con actividades productivas actuales) y a partir de este análisis elegir las alternativas más adecuadas para los objetivos propuestos: manejo sostenido de vegetación nativa y reforestación.

La población de Pasaje, Cuencamé, Durango utiliza el mezquite principalmente como combustible y sus frutos para alimentación de ganado, se recomienda dar asistencia técnica de mejores prácticas de aprovechamiento de este recurso, ya que los mismos habitantes señalan no haber obtenido información alguna sobre el recurso mezquite.

Es fundamental trabajar en acciones donde participen de forma coordinada autoridades y población en la formulación de políticas de conservación y alternativas para el manejo sustentable del mezquite.

IX. BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Aguilar, L. A. (2018). *La decadencia de Durango durante el siglo XX. Una mirada a la historia del norte mexicano*. Chihuahua Hoy, 16.
- Andrade-Montemayor, H., Cordova-Torres, A., García-Gasca, T., & Kawas, J. (2011). *Alternative foods for small ruminants in semiarid zones, the case of Mesquite (Prosopis laevigata spp.) and Nopal (Opuntia spp.)*. Small Ruminant Research, 98(1-3), 83-92.
- Antonio, R. A. (2018). *Reforestación con plantas de mezquite en un terreno agrícola en el municipio de Calera de Vr, Zacatecas*. Paper presented at the XIV Congreso Nacional Sobre Recursos Bióticos de Zonas Áridas.
- Armijo-Nájera, M. G., Moreno-Reséndez, A., Blanco-Contreras, E., Borroel-García, V. J., & Reyes-Carrillo, J. L. (2019). *Vaina de mezquite (Prosopis spp.) alimento para el ganado caprino en el semidesierto*. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 10(1), 113-122.
- Arroyo, T., & Paredes, J. (2006). *Estimación de la biomasa total y por componentes de hojas, ramas, copa y fuste en Pinus cooperi de la región de El Salto, Durango, México*. Instituto Tecnológico del Salto, Durango, México.
- Ávila, L. E., & Herrera, M. A. (2012). *Efecto de los extraíbles en tres propiedades físicas de la madera de Enterolobium cyclocarpum procedente de Michoacán, México*. Bosque (Valdivia), 33(2), 227-232.
- Bertaud, F. H., B. (2004). *Chemical composition of earlywood and latewood in Norway spruce heartwood, sapwood and transition zone wood*. Wood Science Technology, 38, 245-256.
- Blanco Contreras, E. (2019). *Huerta de mezquite. Modelo agroecológico forestal para la sostenibilidad en el desierto lagunero del norte de México*. LEISA Revista de agroecología, 35(4), 19-21.
- Bósquez-Molina, E., & Vernon-Carter, E. (2005). *Efecto de plastificantes y calcio en la permeabilidad al vapor de agua de películas a base de goma de mezquite y cera de candelilla*. Revista Mexicana de Ingeniería Química, 4(2), 157-162.
- Brown, S. (1997). *Los bosques y el cambio climático: el papel de los terrenos forestales como sumideros de carbono*. Paper presented at the Actas del XI Congreso Mundial Forestal: Recursos Forestales y Arboles.
- Brown, S., Sathaye, J., Cannell, M., & KAUPPI, P. E. (1996). *Mitigation of carbon emissions to the atmosphere by forest management*. The Commonwealth Forestry Review, 80-91.
- Burkart, A. (1976). *A monograph of the genus Prosopis (Leguminosae subfam. Mimosoideae)*. Journal of Arnold Arboretum, 4, 450-525.
- Caciano, R. T., Nuñez, L. M. V., Saucedo, J. C. R., González, M. R., & Ávalos, J. E. (2012). *Cambio de uso de suelo en Coahuila y Durango*. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 11(2), 68-74.
- Caciano, R. T., Saucedo, J. C. R., Ávalos, J. E., Núñez, L. M. V., & Soto, R. J. (2011). *Distribución espacial y cambio de uso de suelo en poblaciones naturales de mezquite. Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México*, 21-48.
- Carrillo-Parra, A. (2007). *Technological Investigation of Prosopis leavigata Wood from Northeast Mexico*. Niedersächsische Staats-und Universitätsbibliothek Göttingen.
- Carrillo, A., Mayer, I., Koch, G., & Hapla, F. (2008). *Wood anatomical characteristics and chemical composition of Prosopis laevigata grown in the northeast of Mexico*. IAWA journal, 29(1), 25-34.

- Carrillo Anzúres, F., Acosta Mireles, M., Flores Ayala, E., Juárez Bravo, J. E., & Bonilla Padilla, E. (2014). Estimación de biomasa y carbono en dos especies arbóreas en La Sierra Nevada, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(5), 779-793.
- Casey, J. P. (1990). *Pulpa y Papel*. In Limusa (Ed.), *Química y Tecnología Química*. vol 1. México.
- Castro Cuéllar, A. d., Cruz Burguete, J. L., & Ruiz-Montoya, L. (2009). Educar con ética y valores ambientales para conservar la naturaleza. *Convergencia*, 16(50), 353-382.
- Clark, D. A., Brown, S., Kicklighter, D. W., Chambers, J. Q., Thomlinson, J. R., & Ni, J. (2001). Measuring net primary production in forests: concepts and field methods. *Ecological Applications*, 11(2), 356-370.
- Cruz Carrera, R. d. I., Carrillo Parra, A., Nájera Luna, J. A., Cruz Cobos, F., Hernández, F. J., & Méndez González, J. (2018). Durabilidad natural de la madera de siete especies forestales de El Salto, Durango. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(46), 102-130.
- Chiappa, E., Villaseñor, R., Toro, H., & Covarrubias, R. (1997). Reproductive tactics of *Prosopis* (Mimosaceae) and the ecological associations of its pollinizers in the northern desert of Chile. *Multequina*, 6, 9-20.
- Delatorre, J., Pinto, M., & Cardemil, L. (2008). Effects of water stress and high temperature on photosynthetic rates of two species of *Prosopis*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 92(2), 67-76.
- Delgado-Núñez, E. J., Zamilpa, A., González-Cortazar, M., Olmedo-Juárez, A., Cardoso-Taketa, A., Sánchez-Mendoza, E., . . . Mendoza-de Gives, P. (2020). Isorhamnetin: A Nematocidal Flavonoid from *Prosopis laevigata* Leaves Against *Haemonchus contortus* Eggs and Larvae. *Biomolecules*, 10(5), 773.
- Espinosa Hernández, A. (2015). Conservación de poblaciones de mezquite en el municipio de Cuitzeo del Porvenir, Michoacán de Ocampo: Perspectivas para un desarrollo tecnológico de la semilla.
- Felker, P., y Moss, J. . (1996). *Prosopis: Semiarid fuelwood and forage tree building consensus for the disenfranchised*. *Constitution*, 13, 15.
- Fengel, D., Wegener G. (1984). *Wood: Chemistry, Ultrastucture, Reactions Berlin*.
- Ferrari, A., & Wall, L. G. (2015). Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados. *Revista de la Facultad de Agronomía, La Plata*, 105(2), 63-87.
- Flores, R. C., Lorence, F. G., & Ávila, J. A. (2007). EFECTO DE PODA SOBRE POTENCIAL PRODUCTIVO DE MEZQUITALES NATIVOS EN LA COMARCA LAGUNERA, MEXICO. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6(1), 47-54.
- Fonseca, M. (2006). Determinación de la composición química de la madera de pino candelillo (*Pinus maximinoi* HE Moore) procedente de la finca Río Frío, Tactic, Alta Verapaz. *Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala*.
- Fonseca, W., Alice, F., & Rey, J. M. (2009). Modelos para estimar la biomasa de especies nativas en plantaciones y bosques secundarios en la zona Caribe de Costa Rica. *Bosque (Valdivia)*, 30(1), 36-47.
- Gallegos-Infante, J. A., Rocha-Guzman, N. E., Gonzalez-Laredo, R. F., & Garcia-Casas, M. A. (2013). Efecto del procesamiento térmico sobre la capacidad antioxidante de pinole a base de vainas de mezquite (*Prosopis laevigata*). *CyTA-Journal of Food*, 11(2), 162-170.
- García-Andrade, M., González-Laredo, R., Rocha-Guzmán, N., Gallegos-Infante, J., Rosales-Castro, M., & Medina-Torres, L. (2013). Mesquite leaves (*Prosopis laevigata*), a natural resource with antioxidant capacity and cardioprotection potential. *Industrial Crops and Products*, 44, 336-342.

- García-López, J. C., Vicente-Martínez, J. G., Rendón-Huerta, J. A., Ruiz-Tavares, D., López-Aguirre, S., Lee-Rangel, H. A., . . . Durán-García, H. M. (2019). PRODUCCIÓN Y CONTENIDO NUTRIMENTAL DE VAINAS DE TRES VARIANTES DE MEZQUITE (*Prosopis laevigata*) EN EL ALTIPLANO POTOSINO, MÉXICO. *Agrociencia*, 53(6), 821-831.
- García, J. L., & Martínez, M. J. (2014). *Biomasa y Biotecnología*.
- García, R. (1994). Interdisciplinariedad y sistemas complejos. *Ciencias sociales y formación ambiental*, 85-124.
- Gayoso, J., Guerra, J., & Schlegel, B. (2001). *Manual de procedimientos para inventarios de carbono en ecosistemas forestales*.
- González-Montemayor, Á.-M., Flores-Gallegos, A. C., Contreras-Esquivel, J.-C., Solanilla-Duque, J.-F., & Rodríguez-Herrera, R. (2019). *Prosopis spp. functional activities and its applications in bakery products*. *Trends in Food Science & Technology*, 94, 12-19.
- González, J. M., Méndez, A. S., García, M. G., Ontiveros, V. G., & Luna, J. N. (2007). Aplicación de sensores remotos para la evaluación de áreas de *Prosopis spp.*(1990-2006), en la región de Mexicali, BC, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*, 6(1), 37-45.
- Graham, J. D. (1960). Morphological variation in mesquite (*Prosopis*, LEGUMINOSAE) in the lowlands of Northeastern Mexico. *The Southwestern Naturalist*, 5, 187-193.
- Granados Sánchez, D., López Ríos, G. F., & Gama Flores, J. L. (2001). Interacciones ecológicas de las plantas/por Diódoro Granados Sánchez, Georgina Florencia López Ríos y José Luis Gama Flores.
- Gutiérrez, A., Del Rio, J.C., González-Villa, F.J. & Martín, F. . (1998). Analysis of lipophilic extractives from wood and pitch deposits by solid-phase extraction and gas chromatography. *Journal of chromatography Wood Chem. Technol*, 11, 279-337.
- Han, J. S., y Rowell, J.S. (1996). Chemical composition of fibers. In: R. M. Rowell, et al. (ed.) *Paper and composites from agro-based resources*. Boca Raton.
- Hawley, R. (1972). SMITH, D. M, *Silvicultura Práctica*, Omega, Barcelona, España.
- Henciya, S., Seturaman, P., James, A. R., Tsai, Y.-H., Nikam, R., Wu, Y.-C., . . . Chang, F. R. (2017). Biopharmaceutical potentials of *Prosopis spp.*(Mimosaceae, Leguminosa). *Journal of food and drug analysis*, 25(1), 187-196.
- Herrera, B. B., León, A. C., Gómez, M. U., Bueno, A. L., & Torres, R. M. (2016). Valor cultural de especies arbóreas en sistemas agroforestales de la Sierra de Huautla, Morelos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 16, 3277-3286.
- Herrera Fernández, A. C. (2013). Determinación de la densidad en Madera, poder calorífico y composición química en corteza y madera de seis especies de latifoliadas.
- Honorato-Salazar, J. A., Colotl-Hernández, G., Apolinar-Hidalgo, F., & Aburto, J. (2015). Principales componentes químicos de la madera de *Ceiba pentandra*, *Hevea brasiliensis* y *Ochroma pyramidale*. *Madera y bosques*, 21(2), 131-146.
- Ibrahim, M., Nadir, M., Ali, A., Ahmad, V. U., & Rasheed, M. (2013). Phytochemical analyses of *Prosopis juliflora* Swartz DC. *Pakistan Journal of Botany*, 45(6), 2101-2104.
- INEGI, V. (1991). *Censo Agropecuario*. México DF.
- Jenkins, J. C., Birdsey, R. A., & Pan, Y. (2001). Biomass and NPP estimation for the Mid-Atlantic region (USA) using plot-level forest inventory data. *Ecological Applications*, 11(4), 1174-1193.

- Leith, H. (1975). *Primary productivity of the biosphere. Ecological studies.*
- López-Franco, Y. L., Goycoolea, F. M., Valdez, M. A., & De La Barca, A. M. C. (2006). *Mesquite gum; Alternative of industrial use. Interciencia, 183-189.*
- López, B. C., R. Rodríguez, C.A. Gracia & S. Sabate. (2006). *Climatic signals in growth and its relation to ENSO events of two Prosopis species following a latitudinal gradient in South America. Global Change Biology 12, 897-906.*
- López Fuentes, M. (2017). *Mezquite (Prosopis laevigata) como alternativa para la recuperación de suelos contaminados por cobre. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.*
- Macias, F. A., Molinillo, J. M., Varela, R. M., & Galindo, J. C. (2007). *Allelopathy a natural alternative for weed control. Pest Management Science: Formerly Pesticide Science, 63(4), 327-348.*
- Melo, R. M. (2019). *Elaboração e caracterização físico-química de biscoitos, tipo cookie, adicionados de farinha da vagem de algaroba (Prosopis Juliflora).*
- Méndez González, J., Turlan Medina, O. A., Ríos Saucedo, J. C., & Nájera Luna, J. A. (2012). *Ecuaciones alométricas para estimar biomasa aérea de Prosopis laevigata (Humb. & Bonpl. ex Willd.) MC Johnst. Revista mexicana de ciencias forestales, 3(13), 57-72.*
- Monroy Rivera, C. (2004). *Ecuaciones de aditividad para estimar componentes de biomasa de Hevea brasiliensis Muell. Arg., en Veracruz, México.*
- Osuna, E., & Meza, R. (2003). *Alternativas para la explotación sostenible del mezquital de Baja California Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noroeste Campo Experimental Todos Santos. Folleto Técnico(8).*
- Pasiecznik, N. M., Felker, P., Harris, P. J., Harsh, L., Cruz, G., Tewari, J., . . . Maldonado, L. J. (2001). *The Prosopis juliflora-Prosopis pallida complex: a monograph (Vol. 172): HDRA Coventry.*
- Patch, N. L., & Felker, P. (1997). *Influence of silvicultural treatments on growth of mature mesquite (Prosopis glandulosa var. glandulosa) nine years after initiation. Forest Ecology and Management, 94(1-3), 37-46.*
- Pérez-Alonso, N., & Jiménez, E. (2011). *Producción de metabolitos secundarios de plantas mediante el cultivo in vitro. Biotecnología vegetal, 11(4).*
- Raeb, I., Asan, U., & Grozeb, O. (1996). *Acumulación de CO2 en la parte aérea de la biomasa de los bosques de Turquía y Bulgaria, en las últimas décadas. Paper presented at the Memorias XII Congreso Forestal Mundial, Natalia, Turquía.*
- Ramírez Serrano, C. (1991). *El mezquite prosopis laevigata (humb. & bonpl. ex willd.) mc johnst. como un recurso forestal de Jalisco. tesis de ingeniería, Universidad Guadalajara, Guadalajara, Jalisco.*
- Reséndiz Flores, N. S., García Núñez, R. M., Hernández Martínez, M. Á., Uribe Gómez, M., & Leos Rodríguez, J. A. (2016). *Goma de mezquite y huizache como alternativa de aprovechamiento en sistemas agroforestales. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 7(SPE16), 3251-3261.*
- Ríos-Saucedo, J. C., Rivera-González, M., Valenzuela-Núñez, L. M., Trucios-Caciano, R., & Rosales-Serna, R. (2012). *Diagnóstico de las reforestaciones de mezquite y métodos para incrementar su sobrevivencia en durango, México. Revista Chapingo Serie Zonas Áridas, 9, 63-67.*
- Ríos-Saucedo., J. C., Valenzuela-Núñez., L. M., Rivera-González., M., & Trucios-Caciano., R. (2012). *Diseño de un sistema silvopastoril en zonas degradadas con mezquite en Chihuahua, México. Tecnociencia Chihuahua, 6(3), 174-180.*

- Rodríguez Anda, R., Ramírez Arango, A. M., Palacios Juárez, H., Fuentes Talavera, F. J., Silva Guzmán, J. A., & Saucedo Corona, A. R. (2015). Características anatómicas, físico-mecánicas y de maquinado de la madera de mezquite (*Prosopis velutina* Wooton). *Revista mexicana de ciencias forestales*, 6(28), 156-173.
- Rodríguez Barragán, D. (2017). Organización política de los villistas después del fracaso militar de Celaya. El caso de Cuencamé, Durango. *Humanitas: Anuario del Centro de Estudios Humanísticos*, 4(44), 197-229.
- Rodríguez Barragán, D. G. (2020). El impacto de la presa Las Mercedes en Santa Catalina del Álamo y el pueblo de Pasaje, en el oriente de Durango. *Estudios de historia moderna y contemporánea de México*(59), 169-198.
- Rodríguez, L. (2005). Determinación de los componentes químicos de la madera de pino blanco (*Pinus pseudostrobus* Lindl.) proveniente de la finca Las Victorias, Patzún, Chimaltenango. *Profesional dissertation, Escuela de Ingeniería Química, Universidad de San Carlos de Guatemala*.
- Rodriguez, M. A. G. (2018). El mezquite: una alternativa de reconversión productiva en la microcuenca Cerrito de San Pablo, Dolores Hidalgo, Guanajuato.
- Ruiz-Peinado, R., Senespleda, E. L., Montero, G., & Lozano, J. A. (2020). La fijación de carbono en los sistemas forestales del Parque Natural del Alto Tajo. *Mejora y mantenimiento por parte de la gestión forestal. Foresta*(76), 38-41.
- Ruiz Tavares, D. R. (2011). Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del Altiplano potosino. REPOSITORIO NACIONAL CONACYT.
- Salgado, D. C., & Vazquez, M. C. M. (2008). Arreola Valenzuela, Antonio. La legislación agraria del villismo. México, H. Congreso del Estado de Durango, Editora Laguna 2006, 190 pp. *Revista Latinoamericana de Derecho Social*(7), 313-320.
- Sanabria Botero, J. R. (2006). Beneficios económicos del plan de manejo de la cuenca Río Cabí (departamento del Chocó). *Maestría en Economía del Medio Ambiente y Recursos Naturales*.
- Sánchez, R. M., & Leal, E. O. (2003). Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las Pocitas, BCS: SAGARPA.
- Sánchez, R. M., & Leal, E. O. (2007). CARACTERIZACIÓN DASOMÉTRICA DEL MEZQUITAL EN LA ZONA DE LAS POCITAS, BAJA CALIFORNIA SUR. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 32(101), 117-133.
- Satoo, T. (1973). A synthesis of studies by the harvest method: primary production relations in the temperate deciduous forests of Japan Analysis of temperate forest ecosystems (pp. 55-72): Springer.
- Sauceda, E. N. R., Martínez, G. E. R., Valverde, B. R., Ruiz, R. M., Hermida, M. D. L. C. C., & Torres, S. M. M., & Ruiz, H. H. P. . (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai*, 10, 173–193.
- Schroeder, P., Brown, S., Mo, J., Birdsey, R., & Cieszewski, C. (1997). Biomass estimation for temperate broadleaf forests of the United States using inventory data. *Forest science*, 43(3), 424-434.
- Schulze, E.-D., Wirth, C., & Heimann, M. (2000). Managing forests after Kyoto. *Science*, 289(5487), 2058-2059.
- Sharifi-Rad, J., Kobarfard, F., Ata, A., Ayatollahi, S. A., Khosravi-Dehaghi, N., Jugran, A. K., . . . Popović-Djordjević, J. (2019). *Prosopis* plant chemical composition and pharmacological attributes: Targeting clinical studies from preclinical evidence. *Biomolecules*, 9(12), 777.
- Shebani, A., Van Reenen, A., & Meincken, M. (2008). The effect of wood extractives on the thermal stability of different wood species. *Thermochimica Acta*, 471(1-2), 43-50.

- Silbert, M. S. (1988). *Mesquite pod utilization for livestock feed: an economic development alternative in Central Mexico*.
- Silva-Arredondo, F. M., & Návar-Cháidez, J. d. J. (2010). Factores de expansión de biomasa en comunidades forestales templadas del norte de Durango, México. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 1(1), 55-62.
- Sjöström, E. (1993). *Wood chemistry- fundamentals and applications*. San Diego, California.
- Sosa-Hernández, D., Viguera-Cortés, J., & Garzón-Zúñiga, M. (2016). Mesquite wood chips (*Prosopis*) as filter media in a biofilter system for municipal wastewater treatment. *Water Science and Technology*, 73(6), 1454-1462.
- Trejo, V. Á. H., García, J. U., Lozano, J. L. R., Alcalá, R. V., & Damián, M. Á. M. (2009). Evaluación de un programa de pago por servicios ambientales para el servicio nodriza del mezquite. *La Paz, Baja California Sur REV. MEX. DE EC. AGRÍC. Y DE LOS REC. NAT.*, 2(1), 147-173.
- Valdés, C. M. (1995). *La gente del mezquite. Los nómadas del Noreste en la Colonia*. México: CIESAS.
- Valenzuela-Núñez, L. M., Rivera-González, M., Trucios-Caciano, R., & Ríos-Saucedo, J. C. (2013). Características ecológicas y dasométricas de dos comunidades con mezquite (*Prosopis laevigata* [Humb. et Bonpl. ex Willd] MC Johnston) en el estado de Durango. *Tecnociencia Chihuahua*, 7(1), 32-38.
- Valle, S. (2006). *Las áreas Naturales Protegidas en México. Un ejemplo de propuesta de gestión de un área protegida y plan de manejo en La Sierra de Monte Escobedo Zacatecas, México. Tesis Doctoral*. Universidad Autónoma de Barcelona. España. Recuperado de
- Vicente-Arbona, J. C., Carrasco-Hernández, V., Rodríguez-Trejo, D. A., & Villanueva-Morales, A. (2019). Calidad de planta de *Pinus greggii* producida en sustratos a base de aserrín. *Madera y bosques*, 25(2).
- Vilela, A. E., González Paleo, L., & Ravetta, D. A. (2011). *Metabolismo secundario de plantas leñosas de zonas áridas: mecanismos de producción, funciones y posibilidades de aprovechamiento*.
- Villaseñor Zuñiga, M. E. (2012). *Elementos traza en hojas de mezquite *Prosopis leavigata* y pirul *Schinus molle* y suelo como indicadores ambientales*.
- Weinstock, I. A., Atalla, R. H., Reiner, R. S., Moen, M. A., Hammel, K. E., Houtman, C. J., . . . Harrup, M. K. (1997). A new environmentally benign technology for transforming wood pulp into paper. *Engineering polyoxometalates as catalysts for multiple processes. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical*, 116(1-2), 59-84.
- Whisenant, S. G., & Burzlaff, D. F. (1978). Predicting green weight of mesquite (*Prosopis glandulosa* Torr.). *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 31(5), 396-397.
- White, R. H. (1987). Effect of lignin content and extractive on the higher heating value of Wood. *Wood and Fiber Science*, 19, 446-452.

X. ANEXOS

ANEXO 1. Preguntas utilizadas para el análisis social preliminar

Entrevista para conocer el uso del mezquite dentro de el Ejido Pasaje, Durango.
El presente cuestionario servirá de base para obtener información que será utilizada única y exclusivamente para fines de investigación. La información aquí reportada es absolutamente confidencial.

Fecha: _____

Nombre: _____

Domicilio: _____

Comunidad: _____ Edad: _____

1. ¿Conoce usted el árbol del mezquite?

- a) Si
- b) No

2. ¿Utiliza o a utilizado alguna de las partes del árbol (corteza, madera, vainas, hojas, raíz)?

- a) Si ¿Cuáles partes?
- b) No

Si la respuesta es sí, continuar, si es no. Gracias

3. ¿Para qué propósito ha utilizado alguna parte del árbol?

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

4. ¿Desde hace cuánto tiempo utiliza alguna parte del árbol de mezquite?

5. ¿Cómo adquirió usted conocimiento acerca del uso de alguna parte del mezquite?

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

7. ¿En caso de utilizar el mezquite para consumo personal, alimentación animal, venta u otro, en que forma lo aprovecha?

- a) Elaboración de pan
- b) Como fruta de mesa
- c) Elaboración de algún tipo de bebida (atole, alcohol, etc.)
- d) Muebles
- e) Forraje
- f) Otro (especifique)

8. ¿Qué parte del mezquite utiliza para la preparación o producción de lo anterior?

9. ¿Brinda usted algún tipo de tratamiento previo a la parte del árbol antes de su utilización?

10. ¿Cuáles arboles variantes del mezquite son los que utiliza para la elaboración de lo anterior? y ¿Por qué razón?

11. ¿Recolecta la parte que utiliza del mezquite o la compra?

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

12. ¿Qué cantidad de la parte del árbol de mezquite recolecta en promedio por árbol?

13. ¿Durante que meses utiliza la parte del árbol de mezquite que recolecta?

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

- a) Si
- b) No

¿Por qué?

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

- a) sí ¿Cuál?
- b) No

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

- a) Alta
- b) Media
- c) Baja

¿Por qué?

17. ¿Cuál característica del árbol de mezquite conoce?

18. ¿Ha recibido alguna vez información acerca del mezquite?

- a) Si ¿Cuál?
- b) No

ANEXO 2. ANOVA realizado para las características del mezquite en el Ejido Pasaje

Cuadro 9. Análisis de la Varianza para el número de árboles por hectárea

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	166858.92	3	55619.64	13.60	0.0017	
Densidad	166858.92	3	55619.64	13.60	0.0017	
Error	32727.33	8	4090.92			0.25
Total	199586.25	11				

Cuadro 10. Análisis de la Varianza para el diámetro normal

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	219.37	3	73.12	14.45	0.001	
Densidad	219.37	3	73.12	14.45	0.001	
Error	40.48	8	5.06			0.0035
Total	259.85	11				

Cuadro 11. Análisis de la varianza para la altura

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	24.43	3	8.14	15.19	0.0011	
Densidad	24.43	3	8.14	15.19	0.0011	
Error	4.29	8	0.54			0.17
Total	28.72	11				

Cuadro 12. Análisis de la varianza para la cobertura de copa

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	25476.53	3	8492.18	6.48	0.02	
Densidad	25476.53	3	8492.18	6.48	0.02	
Error	10478.55	8	1309.82			1.31
Total	35955.08	11				

Cuadro 13. Análisis de la varianza para el área basal

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	238.54	3	79.51	43.41	0.00003	
Densidad	238.54	3	79.51	43.41	0.00003	
Error	14.65	8	1.83			2.80
Total	253.19	11				

Cuadro 14. Análisis de la varianza para la biomasa aérea

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Coef
Modelo.	16208.07	3	5402.69	6.75	0.014	
Densidad	16208.07	3	5402.69	6.75	0.014	
Error	6406.16	8	800.77			33.35
Total	22614.23	11				

ANEXO 3. Resultados del ANOVA para el rendimiento de extractos

Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
% Extractos	48	0.79	0.77	16.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	240.27	4	60.07	40.62	<0.0001
Densidad	19.16	2	9.58	6.48	0.0035
Tamaño de partícula	107.61	1	107.61	72.78	<0.0001
Muestra	113.50	1	113.50	76.76	<0.0001
Error	63.58	43	1.48		
Total	303.85	47			

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=1.04359

Error: 1.4786 gl: 43

Densidad	Medias	n	E.E.
Media	6.95	16	0.30
Baja	7.29	16	0.30
Alta	8.43	16	0.30

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.70791

Error: 1.4786 gl: 43

Tamaño de partícula	Medias	n	E.E.
Mediano	6.06	24	0.25
Malla 60	9.05	24	0.25

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.70791

Error: 1.4786 gl: 43

Muestra	Medias	n	E.E.
Agua	6.02	24	0.25
Etanol	9.09	24	0.25

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)