



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO



**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA INVESTIGACIÓN Y SERVICIO EN
SUELOS**

**MAESTRÍA EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**VEGETACIÓN NATIVA FORRAJERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE
SISTEMAS SI LVOPASTORILES EN EL SEMIDESIERTO QUERETANO**

TESIS DE GRADO

QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

PRESENTA:

LIZBETH YADIRA SÁNCHEZ REBOLLAR

Bajo la supervisión de:

DR. ALEJANDRO LARA BUENO



APROBADA



Chapingo, México, mayo de 2022

**VEGETACIÓN NATIVA FORRAJERA PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN EL
SEMIDESIERTO QUERETANO**

Tesis realizada por **LIZBETH YADIRA SÁNCHEZ REBOLLAR** bajo la dirección
del comité indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial
para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

DIRECTOR:



Dr. Alejandro Lara Bueno

ASESOR:



Dr. Miguel Uribe Gómez

ASESOR:



PhD. Dante Arturo Rodríguez Trejo

CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
AGRADECIMIENTOS	xi
DATOS BIOGRÁFICOS	xii
RESUMEN GENERAL	xiii
GENERAL <i>ABSTRACT</i>	xiv
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	1
1.1 Objetivo General	4
1.2 Objetivos Específicos	4
2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 Rehabilitación y restauración de agostaderos	5
2.2 Uso de especies nativas en la recuperación productiva de agostaderos ...	10
2.2.1 Criterios para la selección de especies vegetales para la recuperación de agostaderos	10
2.3 Índice de importancia cultural	12
2.4 Sistemas Silvopastoriles	13
2.5 Tipos de Sistemas Silvopastoriles	15
2.5.1 Árboles dispersos en potreros	15
2.5.1 Leñosas perennes con cultivos de pastos en callejones	16
2.5.3 Árboles en beneficio de la ganadería	16
2.6 Literatura citada	18
3.1 Clima	22
3.2 Suelo	23
3.3 Vegetación	24
3.4. Literatura citada	25

4 IMPORTANCIA CULTURAL DE ESPECIES FORRAJEARAS NATIVAS PARA SU UTILIZACIÓN EN SISTEMAS AGROFORESTALES	27
4.1 Resumen.....	27
4.2 Abstract.....	28
4.3 Introducción.....	29
4.4 Materiales y Métodos	29
4.4.1 Descripción del área de estudio	29
4.4.2 Obtención de información	30
4.4.3 Análisis de la información	31
4.5 Resultados	32
4.5.1 Registro de información etnobotánica de la vegetación forrajera nativa	32
4.5.2 Estimación de la importancia cultural de las especies forrajeras nativas por medio del índice propuesto por Figueroa-Solano (2000)	33
4.5.3 Estimación de la importancia cultural de las especies forrajeras nativas por medio del índice propuesto por Tardío y Pardo (2008).....	36
4.6 Discusión.....	38
4.7 Conclusiones.....	40
4.8 Agradecimientos	41
4.9 Literatura citada.....	41
5 SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA LA RECUPERACIÓN DE AGOSTADEROS EN EL EJIDO SANTA BÁRBARA, CADEREYTA, QUERÉTARO.....	44
5.1 Resumen.....	44
5.2 Abstract.....	45
5.3 Introducción.....	46
5.4 Materiales y Métodos	47
5.4.1 Área de estudio.....	47

5.4.1 Selección de especies vegetales con potencial forrajero.....	47
5.4.2 Selección de sitios.....	48
5.4.3 Obtención de plantas.....	49
5.4.4 Tratamiento antes de la plantación.....	49
5.4.5 Diseño e implementación de las tecnologías silvopastoriles.....	50
5.4.5.1 Plantación.....	53
5.4.6 Diseño experimental y análisis de datos.....	54
5.5 Resultados.....	56
5.5.1 Evaluación de características de supervivencia y adaptación de especies arbóreas establecidas en pasturas en callejones.....	56
5.5.2 Evaluación de las características de adaptación y sobrevivencia de las arbóreas en un sistema silvopastoril con árboles dispersos en potreros.....	61
5.6 Discusión.....	62
5.7 Conclusiones.....	64
5.8 Agradecimientos.....	65
5.9 Literatura citada.....	65
6 MONOGRAFÍAS DE ESPECIES NATIVAS CON POTENCIAL FORRAJERO EN EL SEMIDESIERTO QUERETANO.....	67
6.1 Resumen.....	67
6.2 Abstract.....	68
6.3 Introducción.....	69
6.4 Materiales y métodos.....	70
6.4.1 Descripción del área de estudio.....	70
6.4.2 Obtención de información.....	70
6.5 Resultados (Monografías de las plantas forrajeras).....	71
6.5.1 Mezquite (<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.).....	71

6.5.2. Literatura citada	80
6.5.3 Huizache (<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.)	83
6.5.4 Literatura citada	91
6.5.5 Guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>) (Lam.) de Wit.....	93
6.5.6 Literatura citada	99
6.5.7 Zacate Buffel (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.).....	100
6.5.8 Literatura citada	106
6.5.9 Zacate Banderita (<i>Bouteloua curtipendula</i> (Michx.) Torr.).....	107
6.5.10 Literatura citada	113
6.6 Discusión.....	114
6.7 Conclusiones.....	116
6.8 Agradecimientos	117
6.8 Literatura citada.....	117

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Importancia forrajera de las especies nativas que existen en los agostaderos del ejido Cadereyta Santa Bárbara, obtenidos mediante el Índice de Importancia Cultural (IIC).....	34
Cuadro 2. Especies forrajeras mencionadas y sus usos múltiples que se encuentran en los agostaderos de ejido Cadereyta Santa Bárbara.....	36
Cuadro 3. Importancia forrajera de las especies nativas que existen en los agostaderos del ejido Cadereyta Santa Bárbara obtenidos mediante el Índice Cultural para cada especie (ICe).....	37
Cuadro 4. Periodos de toma de datos de las arbóreas plantadas mediante la tecnología agroforestal “pasturas en callejones”.....	54
Cuadro 5. Promedios de altura y diámetro de las especies arbóreas al momento del establecimiento.....	54
Cuadro 6. Promedios de altura y diámetro de la base del tallo (inicial y final) por especie arbórea en un periodo de 180 días.	57
Cuadro 7. Crecimiento de las tres especies arbóreas en un periodo de 180 días a partir del establecimiento en un sistema silvopastoril en pasturas en callejones.	58
Cuadro 8. Engrosamiento de las tres especies arbóreas en un periodo de 180 días establecidas en un sistema silvopastoril con pasturas en callejones.	58
Cuadro 9. Porcentajes de supervivencia de las especies arbóreas en un periodo de 180 días después del trasplante en un sistema silvopastoril en pasturas en callejones.	59
Cuadro 10. Tasa de crecimiento de las especies arbóreas evaluadas en un periodo de 180 días establecidas en un sistema silvopastoril con pasturas en callejones.....	59
Cuadro 11. Tasa de engrosamiento de las tres especies arbóreas evaluadas en un periodo de 180 días establecidas en un sistema silvopastoril con pasturas en callejones.....	60
Cuadro 12. Porcentaje de germinación y grado de adaptación de zacate banderita (<i>Bouteloua curtipendula</i>) y pasto buffel (<i>Cenchrus ciliaris</i>) en los agostaderos del ejido Santa Bárbara, Cadereyta, Querétaro.....	61

Cuadro 13. Número de brinzales trasplantados y porcentaje de supervivencia por especie arbórea establecida en un diseño silvopastoril de árboles dispersos en potreros.....	62
Cuadro 14. Nombres comunes del mezquite de acuerdo con cada región.....	72
Cuadro 15. Etapas fenológicas del mezquite (<i>Prosopis sp.</i>).....	75
Cuadro 16. Composición nutrimental de vainas de mezquite con distinto nivel de maduración.....	78
Cuadro 17. Nombres comunes del huizache de acuerdo con cada región.....	84
Cuadro 18. Fenología del árbol de huizache (<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.).....	86
Cuadro 19. Composición química de la semilla y cáscara de huizache (g/100 g MS*). 89	
Cuadro 20. Comportamiento de los patrones fenológicos de floración y fructificación en las especies de <i>Leucaena</i> (50% o más).....	95
Cuadro 21. Composición nutrimental de la <i>Leucaena leucocephala</i> asociada con <i>Cynodón nlemfuensis</i> en un sistema silvopastoril intensivo.	97
Cuadro 22. Valor nutricional de las variedades de pasto buffel Titán y buffel Regio en floración (F) y madurez (M) como porcentaje de la materia seca.	104
Cuadro 23. Análisis bromatológico de <i>Bouteloa gracilis</i> y <i>B. curtipendula</i> de las variedades Navajita Cecilia y Banderilla Diana.....	111

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localización.....	22
Figura 2. Mapa edafológico.....	24
Figura 3. Mapa uso de suelo y vegetación.....	25
Figura 4. Aplicación de entrevistas a pobladores del ejido Cadereyta Santa Bárbara. .	31
Figura 5. Recorrido de acompañamiento con ganaderos del ejido Cadereyta Santa Bárbara para la identificación y usos de la vegetación con fines forrajeros.....	33
Figura 6. Familias botánicas más mencionadas en el estudio (%).	35

Figura 7. Reportes de uso acumulado, por categoría de uso.....	38
Figura 8. Selección de los sitios experimentales para el establecimiento de las arbóreas y pastos con ayuda de productores y asesores.	48
Figura 9. Obtención de plantas del Vivero San Juan de la Rosa, Cadereyta, Querétaro.	49
Figura 10. Esquema del diseño experimental con arreglo silvopastoril en pasturas en callejones.....	50
Figura 11. Proceso de delimitación del potrero experimental.	52
Figura 12. Limpieza de terreno, apertura de cepas, construcción de terraza y siembra de pasto, para el diseño silvopastoril de “pasturas en callejones”.	52
Figura 13. Medición de porcentaje de germinación y grado de adaptación de ambas especies de gramíneas.	60
Figura 14. Árbol de Mezquite (<i>P. laevigata</i>).....	71
Figura 15. Taxonomía de árbol de huizache (<i>Acacia farnesiana</i>).....	84
Figura 16. Árbol de <i>Leucaena leucocephala</i>	93
Figura 17. Zacate buffel (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.).....	101
Figura 18. <i>Bouteloua curtipendula</i>	108

DEDICATORIAS

A todos los profesores que han estado presentes aportando sus conocimientos a lo largo de este proceso.

A mí amada madre Vicky por su amor, paciencia y su infinita confianza.

A mi padre Néstor por ayudarme a no rendirme.

A mis hermanas Dennis y Hooney, por su confianza e infinito apoyo.

A mi sobrino Mateo, por todo su amor y confianza.

A mi chiqui-sobrino João

Especialmente a mi amado hijo Uriel, por entenderme, amarme y ayudarme siempre, doy gracias a Dios por tu presencia en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

El presente documento es el resultado del trabajo y la dedicación de varias instancias y personas, a quienes deseo reconocer por su apoyo y participación.

A Dios por permitirme concluir mis estudios de maestría.

A la universidad Autónoma Chapingo, por brindarme por segunda ocasión la oportunidad de seguir formándome académicamente y con ello seguir creciendo personal y profesionalmente.

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

A la Secretaria de Desarrollo Agropecuario (SEDEA) del Estado de Querétaro, regional Cadereyta, por todo el apoyo.

A los ejidatarios de la Localidad Santa Bárbara, en especial al C. Pablo Mateo Maqueda y su esposa Margarita Mateo Maqueda, así como al C. Abraham Alvarado García, Gregorio García Reséndiz y Tomasa González Hernández, por trabajar en conjunto para su agostadero y apoyarme en todo momento.

A mi familia y mis amigos la Dra. María Janet Fuentes Castillo, Ing. Francisco Aguilar Díaz, Ing. Rosa María Gil Basilio, MC. Esmeralda Hernández Ortiz, MC. Judith Casas García y M.C. Robert Vilchis, por el infinito e incondicional apoyo, su amistad y acompañamiento a lo largo de este hermoso proceso llamado vida.

Al Dr. Alejandro Lara Bueno por todo el apoyo, sus consejos y correcciones, pero sobre todo muchas gracias por la confianza.

Al Dr. Miguel Uribe Gómez por su apoyo, consejos y correcciones.

Al PhD. Dante Arturo Rodríguez Trejo por su apoyo y correcciones.

DATOS BIOGRÁFICOS

Datos personales

Nombre: Lizbeth Yadira Sánchez Rebollar

Fecha de nacimiento: 02 de octubre de 1989

Lugar de nacimiento: Nezahualcóyotl, Estado de México.

CURP: SARL891002MMCNBZ07

Profesión: Ingeniero en Recursos Naturales Renovables

Cédula profesional: 11974452



Desarrollo académico

2004-2007 Educación media superior en la “Escuela Preparatoria Oficial Núm 85”, en el Estado de México.

2007-2012 Educación superior en la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

2020-2022 Maestría en Ciencias en Agroforestería Para el Desarrollo Sostenible en la Universidad Autónoma Chapingo, Estado de México.

RESUMEN GENERAL

VEGETACIÓN NATIVA FORRAJERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS SILVOPASTORILES EN EL SEMIDESIERTO QUERETANO¹

En el semidesierto queretano la alimentación del ganado está condicionada a la disponibilidad de especies nativas forrajeras en los agostaderos. Sin embargo, debido al deficiente manejo de pastoreo se han incrementado algunas arbustivas como *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* considerada como planta invasora porque ha desplazado a otras especies forrajeras deseables. El objetivo del presente estudio fue evaluar la vegetación forrajera nativa en el ejido Santa Bárbara, Cadereyta, Querétaro, a través del índice de importancia cultural, potencial forrajero y adaptabilidad de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas y su implementación en arreglos silvopastoriles, para contribuir a la recuperación productiva del agostadero. Para ello, se seleccionaron las especies vegetales que más contribuyen a la alimentación del ganado, considerando dos aspectos relevantes: el valor de importancia cultural y la disponibilidad del material genético. Para determinar la importancia cultural de las especies forrajeras se realizaron 50 entrevistas a productores ganaderos locales. La información fue evaluada mediante el índice de importancia cultural general (IIC) y el índice de importancia cultural por especie (ICe). Para las especies forrajeras con mayor IIC e ICe, (*Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata*, *Acacia farnesiana*, *Bouteloua curtipendula* y *Cenchrus ciliaris*) se realizaron monografías con información útil para su establecimiento. Las tecnologías silvopastoriles implementadas fueron; “pasturas en callejones y árboles dispersos en potreros”; las cinco especies de plantas fueron evaluadas durante 180 días, considerando la sobrevivencia, altura de la planta, diámetro basal del tallo, tasa de crecimiento y engrosamiento de los brinzales en las arbóreas, y el porcentaje de germinación y grado de adaptación de los pastos. La especie arbórea que mostró mejor adaptación fue *Leucaena leucocephala* obteniendo más de 90 % de sobrevivencia en ambas tecnologías silvopastoriles. La especie herbácea que presentó mejor adaptación fue *Cenchrus ciliaris*, con promedio de hasta 75 % de germinación. Es conveniente continuar monitoreando las especies vegetales e incluir otras con potencial forrajero adaptados al semiárido queretano.

Palabras clave: arbóreas forrajeras nativas, índice de importancia cultural, sistemas silvopastoriles, pasturas en callejones, árboles dispersos.

¹Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Lizbeth Yadira Sánchez Rebollar
Advisor: Alejandro Lara Bueno

GENERAL ABSTRACT

NATIVE FORAGE VEGETATION FOR THE IMPLEMENTATION OF SILVOPASTORAL SYSTEMS IN THE SEMI-DESERT OF QUERÉTARO¹

In the semi-desert of Querétaro, livestock feeding depends on the availability of native forage species in the pastures. However, due to poor grazing management, some shrubs such as *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* has increased and is considered an invasive plant because it has displaced other desirable forage species. The objective of this study was to evaluate the native forage vegetation in the Santa Barbara ejido, Cadereyta, Queretaro, through the index of cultural importance, forage potential, and adaptability of tree, shrub, and herbaceous species and their implementation in silvopastoral arrangements, to contribute to the productive recovery of the pasture. For this purpose, the plant species that contribute most to livestock feed were selected considering two relevant aspects: the value of cultural importance and the availability of genetic material. To determine the cultural importance of the forage species, 50 interviews were conducted with local livestock producers. The information was evaluated using the general cultural importance index (IIC) and the cultural importance index by species (ICe). For the forage species with the highest IIC and ICe (*Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevis*, *Acacia farnesiana*, *Bouteloua curtipendula*, and *Cenchrus ciliaris*) monographs with useful information for their establishment were given. The silvopastoral technologies implemented were "pastures in alleys and trees dispersed in paddocks"; the five plant species were evaluated for 180 days, considering survival, plant height, basal stem diameter, growth rate, and thickening of the saplings in the tree species, and the percentage of germination and degree of adaptation of the pastures. The tree species that showed the best adaptation was *Leucaena leucocephala*, obtaining more than 90 % survival in both silvopastoral technologies. The herbaceous species that showed the best adaptation was *Cenchrus ciliaris*, with an average of up to 75 % germination. It is convenient to continue monitoring plant species and include others with forage potential adapted to the semi-arid Querétaro.

Keywords: native forage trees, cultural importance index, silvopastoral systems, alley pastures, scattered trees.

¹Thesis Master's Degree in Agroforestry for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Lizbeth Yadira Sánchez Rebollar

Advisor: Alejandro Lara Bueno

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

En un corto periodo, en varias regiones de México, la vegetación ha sufrido alteraciones antrópicas como: deforestación, quema de terrenos para actividades agropecuarias, sobrepastoreo, entre otros, ocasionando pérdida de la productividad del campo, del suelo fértil, del agua, la calidad del aire, la vegetación y la biodiversidad (Vázquez *et al.*, 1999). De acuerdo con la Global Forest Watch (GFW, 2021), en el 2010, México contaba con 49.8 Mha de bosque natural, mientras que, en 2020, se habían deforestado 295 kha, lo que equivale a 134 Mt de emisiones de CO₂. Esto sucede debido a que la demanda de productos agropecuarios, principalmente los de crianza ganadera, está aumentando rápidamente, debido al crecimiento poblacional y los cambios en la dieta y estilo de vida de los consumidores (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2021).

La ganadería en México es considerada como el símbolo de fortaleza del campo, por ser la principal fuente de proteína y la forma de uso de suelo más extendida en el país, destinándose alrededor de 109.8 millones de hectáreas a la crianza de animales, que producen 553 millones de aves, 33.8 millones de bovinos, 16.7 millones de porcinos, 8.8 millones de ovinos, 8.8 millones de caprinos y 1.9 millones de colmenas. Estas actividades ocupan el onceavo lugar en la producción primaria (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP], 2018). Así, el consumo per cápita de carne de res por los mexicanos es de 15.4 kg al año, es decir, casi dos kilos de carne por mes” (Inforural, 2020), por lo que se considera que la actividad es de gran importancia económica, social y ambiental (Hernández, 2001).

Uno de los estados que destacan en la producción de bovinos a nivel nacional es Querétaro, ocupando el octavo lugar, con una producción de 35 000 t de carne de res al año, obtenidas principalmente en seis municipios: Ezequiel Montes, San Juan del Río, Corregidora, Pedro Escobedo, Cadereyta de Montes y San Joaquín. (Unión Ganadera Regional de Querétaro [UGRQ], 2018). En

estos municipios, la ganadería se ha convertido en una de las actividades principales, generando ingreso y empleos para los productores y la población local. En el municipio de Cadereyta de Montes, en específico en la localidad de Santa Bárbara, la actividad ganadera es de gran importancia, ya que, junto con la agricultura, son la base de la economía y la alimentación de las familias locales, aunque las condiciones en las que esas actividades se realizan no son favorables para el ganado ni para el suelo, afectando directamente a la vegetación y la calidad de los recursos naturales con los que cuenta el agostadero.

En la localidad de Santa Bárbara, es común la práctica de la ganadería con manejo tradicional, donde se realiza pastoreo extensivo y sin planeación, además de que, es estacional y está determinado por el periodo de lluvias. Debido a que, el periodo de sequía es prolongado, la escasez de forraje y el manejo extensivo del ganado son causa de sobrepastoreo, lo que, además, genera compactación del suelo (el suelo compactado no permite la infiltración del agua), erosión, desaparición de especies forrajeras deseables y desarrollo de especies de plantas invasoras o poco deseables, problemas que con el paso del tiempo se han ido intensificando. Uno de los más marcados, sin minimizar los demás problemas mencionados, es el incremento en el agostadero de la especie arbustiva *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* (Benth.) (uña de gato o shasni), la cual se ha extendido a lo largo y ancho de las 321 ha que conforman el área de agostadero de la localidad. Dicha especie invade zonas que ya no son accesibles al ganado, y donde se ha desplazado a otras especies forrajeras deseables, debido a la competencia por luz, agua y nutrientes, trayendo como consecuencia afectación en la disponibilidad de forrajes para el ganado. Por otro lado, la alimentación del ganado está condicionada a la disponibilidad de especies forrajeras nativas, las cuales tiene variaciones en su producción anual por su estrecha relación con las condiciones climáticas de la región. Por lo anterior, es necesario contar con alternativas que permitan recuperar el potencial forrajero del agostadero, haciéndolo más productivo, resiliente y sostenible, de modo que produzca forraje suficiente y de calidad para satisfacer

las necesidades de alimentación del ganado, sin comprometer los recursos naturales con los que se cuentan ni la funcionalidad de estos. Por ello, se deben incorporar especies forrajeras nativas que, con un manejo apropiado, contribuyan a la preservación de los recursos forrajeros, la retención de suelo y humedad, los ciclos biogeoquímicos y la recuperación de la biodiversidad del sistema, lo cual contribuirá con la seguridad alimentaria a mediano y largo plazo y como respuesta al cambio climático.

Las plantas nativas son una excelente opción debido a que se adaptan mejor a las condiciones climáticas y topográficas de una región. El uso de especies nativas constituye una alternativa de alimentación de los animales en las regiones semiáridas, debido a su capacidad de adaptación a condiciones adversas de temperatura y humedad. (Flores-Valdez, 2004). Al reintroducir y utilizar especies nativas se conservan los procesos fundamentales del ecosistema que son; ciclo del agua, ciclo de los minerales, dinámica de las comunidades y flujo de energía, importantes para conservar las conexiones simbióticas del medio natural. Además, es importante utilizar la base de recursos con la que se cuenta para disminuir costos al momento de realizar la rehabilitación y restauración del agostadero. Es prioridad inaplazable el comenzar a desarrollar procedimientos para revertir el deterioro de una manera inteligente (FAO, 2021). Lo anterior se puede lograr con la implementación de sistemas silvopastoriles, considerados como una de las 100 soluciones para revertir el cambio climático, ya que ayudan a conservar y reforzar estas interacciones que se establecen al introducir diferentes estratos de la vegetación (arbóreo, arbustivo y herbáceo) para llevar a cabo la alimentación y protección del ganado (Calle y Murgueitio, 2021). Al permitir el establecimiento y desarrollo de especies nativas se debe tratar de reestablecer, en medida de lo posible, el paisaje natural que se tenía antes de que fuera degradado. Sin embargo, es conveniente tomar en cuenta la opinión de los usuarios al realizar la elección de las especies arbóreas y arbustivas, integrando la visión y las aspiraciones de los productores, para brindarles sentido de pertenencia.

El manejo y la planeación del recurso forrajero es la clave del éxito en los sistemas agroforestales, de no hacer la planeación adecuada a las condiciones del agostadero pronto éste será improductivo. Por lo anterior, el objetivo del presente estudio es evaluar la vegetación forrajera nativa a través del índice de importancia cultural, potencial forrajero y adaptabilidad, y su implementación en arreglos agroforestales que contribuya a la recuperación productiva del agostadero.

2 OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Evaluar la vegetación forrajera nativa a través del índice de importancia cultural, potencial forrajero y adaptabilidad, y su implementación en arreglos agroforestales que contribuya a la recuperación productiva del agostadero.

1.2 Objetivos Específicos

1. Estimar el valor cultural de las especies forrajeras locales, mediante índices de importancia cultural, para la selección de aquellas con mayor potencial en la rehabilitación de los agostaderos.
2. Evaluar la sobrevivencia inicial y adaptabilidad de las especies arbóreas forrajeras locales establecidas en arreglos agroforestales de árboles dispersos y pasturas en callejones, mediante registros de altura, diámetro y vitalidad, para generar información útil a las condiciones del semiárido.
3. Evaluar adaptabilidad de las especies herbáceas forrajeras seleccionadas, establecidas en arreglos agroforestales de pasturas en callejones, mediante transectos, para generar información útil al desarrollo productivo de la ganadería extensiva del área de estudio.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Rehabilitación y restauración de agostaderos

La degradación del suelo en las áreas ganaderas con manejo extensivo es cada vez más evidente y el mal uso de los recursos naturales está causando un gran número de problemas ambientales. Ante esta situación, es conveniente implementar sistemas de manejo adecuados, que contribuyan en la rehabilitación de los agostaderos y, con ello, se garantice el correcto funcionamiento de los sistemas naturales y sociales de gran extensión (Vargas, 2011).

El término rehabilitación, hace referencia al mejoramiento del predio, pero sin llegar al estado original, sin embargo, este paso da pie a la restauración ecológica de áreas y sitio con vegetación natural. La restauración ecológica hace referencia a la recuperación de la estructura y las funciones protectoras y productivas del ecosistema, a tal grado, que se aproxima a las condiciones que había antes de que esté fuera degradado, hasta recuperar la funcionalidad del sistema mediante la manipulación de las interacciones entre sus componentes para poder dar paso a la revegetación (Gómez-Ruiz y Lidig-Cisneros, 2017).

La restauración de predios puede darse de manera pasiva, es decir, el ecosistema aún degradado posee la capacidad de recuperarse naturalmente, siempre y cuando el agente de disturbio sea removido del sitio, queden plantas remanentes que sirvan de fuente de semillas y que a su vez sean capaces de dispersarse a través del paisaje y recolonizar las áreas degradadas, aunque la principal condicionante es el suelo, ya que, si el suelo permanece en buenas condiciones la restauración pasiva puede darse de manera adecuada. Sin embargo, no todos los ecosistemas poseen la capacidad de recuperarse de manera natural, esto debido al grado de disturbio o la capacidad de regeneración de los elementos que lo conforman, por lo que es necesario realizar procesos de restauración activa, para iniciar o acelerar la recuperación del ecosistema. Para llevar a cabo esos procesos de restauración activa, es

necesario contar con conocimientos sobre la composición florística de la vegetación, así como de las comunidades secundarias que se originan, el grado de perturbación, la extensión del terreno, el tiempo que ha pasado a partir del disturbio, las condiciones culturales que influyen en la transformación del paisaje, y la base de recursos con la que se cuenta. Con estos conocimientos es posible establecer las acciones a implementar, lo cual permite que los procesos se recuperen por si solos o bien efectuar la reintroducción intencional y secuencial de especies autóctonas y el control de especies exóticas (Pérez *et al.*, 2010).

En este proceso influyen dos factores importantes; la velocidad y la trayectoria en que los procesos de recuperación de la vegetación se llevarán a cabo. Para ello, se debe complementar el estudio florístico y cultural con otros estudios sobre de valor económico, social y ambiental para, con base en ello, seleccionar las especies de árboles, arbustos y hierbas a utilizar. Es importante que las especies a utilizar sean multipropósito para dar mayor entrada económica al sistema en restauración, y éstas a su vez deben tolerar condiciones desfavorables, ser fáciles de cultivar, tolerantes a heladas, resistentes a incendios, plagas y enfermedades (Kernizan *et al.*, 2013).

De acuerdo con Mendoza-Hernández (2009), la ruta de recuperación de sitios a seguir cuando la vegetación está en sucesión secundaría es la siguiente:

1. Selección y acondicionamiento de sitios seguros, los cuales se utilizan como áreas de crecimiento. En ellos las plantas nativas pueden crecer y sobrevivir (solo se necesita de un poco de ayuda como; podas, deshierbes selectivos, etc.).
2. Introducción de plantas seleccionadas, estas son producidas por medio de propagación ya sea sexual o asexual. Para tener mejores resultados, el material genético debe ser colectado en el mismo sitio, para que sea adaptable y resistente a las condiciones del medio ambiente.
3. El acomodo de las plantas debe ser de tal manera que simule la fisonomía del sitio, procurando implementar especies de árboles,

arbustos y hierbas de rápido y de lento crecimiento, para que se tengan diferentes especies a lo largo del año.

De acuerdo con Vargas (2011), los pasos para la rehabilitación y restauración de áreas son:

1. Selección de sitios que sean representativos a las características de la zona de estudio.
2. Elaboración de mapas o croquis para ubicar carreteras y caminos de acceso, infraestructura presente y las fuentes abastecedoras de agua.
3. Zonificación de áreas a trabajar, para conocer con precisión el predio para evaluar el grado de deterioro que presenta el área de estudio. Es conveniente apoyar la información con recorridos de campo, que brinden información sobre; composición florística, fauna silvestre, la presencia o abundancia de especies exóticas o invasoras, relieve, entre otras características bióticas, abióticas y del paisaje, y si es posible se analizan fotografías históricas y se realizan entrevistas para conocer las condiciones del agostadero antes de que este fuera perturbado. Así, dependiendo del grado de afectación, se tomará como referencia el ecosistema original o una trayectoria sucesional. Es decir, se avalúa el potencial vegetal de la región acorde a su ubicación, abundancia y etapa de sucesión.
4. Se define el nivel a trabajar (especies, paisaje o ecosistema) y la escala (local, regional o de cuenca).
5. Se establece el nivel de disturbio y sus causas (fuego, pastoreo y disturbio del suelo por animales).
6. Uno de los pasos más importantes es la planeación participativa, ya que los productores son los que determinan la aceptación y el éxito del programa de rehabilitación o restauración. Además de aportar conocimientos sobre la región, la historia de uso y ubicación de especies, así como la propagación de éstas. El conocimiento local es la

herramienta clave para el éxito de los proyectos de rehabilitación y restauración.

7. Se identifican y establecen los factores que limitan o impiden la sucesión natural y con ello la restauración y rehabilitación a diferentes escalas.
8. Selección de especies vegetales adecuadas para la rehabilitación y restauración. Éstas se seleccionan acorde a las condiciones del terreno y el fin con el que se haga el trabajo. Por ejemplo si se busca conservar suelos se deben buscar especies que sean capaces de desarrollarse en suelos pobres, y que además, fijen nitrógeno.
9. Una vez seleccionadas las especies vegetales, se debe rescatar el conocimiento local acerca de cómo se reproducen éstas y el manejo que se les puede dar.
10. Se deben realizar labores agronómicas para crear condiciones óptimas que permitan el desarrollo de las especies vegetales a implementar.
11. Se realiza la revisión permanente del objetivo final, para poder replantear actividades en caso de que algo no esté saliendo como se espera, para cumplir la meta establecida al inicio.
12. Se considera que el proyecto se ha consolidado una vez que superó los obstáculos posibles o la mayoría de ellos, y el ecosistema muestra autosostenimiento en sus variables tales como; restablecimientos de ciclos biogeoquímicos, recuperación de flora y fauna, formación de microclimas entre otros.

La rehabilitación y la restauración deben compartir el enfoque fundamental en los ecosistemas preexistentes como modelos o referencias, aunque pueden diferir en sus metas y estrategias. La rehabilitación enfatiza en la reparación de los procesos, la productividad y los servicios de los ecosistemas, mientras que la restauración incluye el restablecimiento de la integridad biótica en términos de estructura de la comunidad y la composición de especies (Pérez *et al.*, 2010).

La rehabilitación y la restauración ecológica son actividades de largo plazo y quienes deben garantizar el seguimiento de los proyectos son los pobladores locales. Es por esta razón que es tan importante tomar en cuenta las necesidades y la opinión de los beneficiarios (Buckingham y Weber, 2015).

La restauración de tierras y paisajes degradados es fundamental para asegurar los medios de vida, el bienestar de las comunidades, la seguridad alimentaria a largo plazo, la estabilidad climática y la conservación de la biodiversidad. Esto se puede lograr implementando medidas de protección contra alteraciones crónicas, estabilización del área, manejo de los recursos hídricos, plantación de especies colonizadoras o especies que ayuden a cumplir las funciones de protección, hasta lograr la estabilidad, a fin de contrarrestar la degradación de tierras, mejorando los medios de vida, a la vez que se aumenta la productividad de las tierras agrícolas y ganaderas existentes. Sólo entonces se crean paisajes diversos, productivos y resilientes (Organización Internacional de las Maderas Tropicales [OIMT], 2002).

Entonces, el objetivo de la rehabilitación de predios se entiende como la condición ideal para que se dé la restauración del sitio, y con ello, alcanzar un estado semejante al de antes de haberse degradado, cuyos procesos dependerán del objetivo del proyecto, ya sea de producción de alimentos, materias primas o recreación (Kernizan *et al.*, 2013).

Los principales promotores de la rehabilitación y restauración de los predios son las instancias gubernamentales, por ser las que financian la mayoría de los proyectos, debido a que más de la mitad de los proyectos han sido llevados a cabo en las áreas naturales protegidas (ANP), ya sean federales o estatales, y el principal agente de degradación identificado es la ganadería extensiva, por esta razón es necesario llevar a cabo la rehabilitación de zonas de pastoreo (Méndez-Toribio *et al.*, 2018).

En un ecosistema degradado, los ciclos productivos no se dan de la misma manera, la producción de alimento para el ganado disminuye significativamente, dado que los árboles, arbustos y pastos no tienen la misma calidad ni cobertura,

lo cual llevará al productor a gastar más, por ello es importante encontrar el equilibrio entre la producción y el cuidado del terreno. Esto se logra controlando la carga animal, el tiempo de pastoreo, implementando obras de conservación de suelo y agua, dando descanso a la tierra y creando espacios productivos que no comprometan la funcionalidad de los ecosistemas, para lo cual la mejor alternativa es la implementación de sistemas silvopastoriles.

La rehabilitación de agostaderos y tierras de cultivo es algo en lo que se debe priorizar, para seguir teniendo ecosistemas productivamente sanos.

2.2 Uso de especies nativas en la recuperación productiva de agostaderos

Las especies nativas juegan un papel importante en la recuperación productiva de sitios que han sido alterados por diversos factores ambientales o antropogénicos, dado que son una herramienta útil que mejor se adaptan a las condiciones de estrés que limitan la adaptabilidad y el crecimiento de otras especies vegetales, ya que las especies vegetales locales tienen mayor capacidad de adaptabilidad y se convierten en reservorios con alto valor biológico (Villagra *et al.*, 2017).

Para llevar a cabo la recuperación de áreas degradadas es necesario elegir de manera adecuada las especies a implementar. Para ello se deben seleccionar plantas autóctonas, por ser las que mejor se adaptan al medio, tienen mayor posibilidad de desarrollar un sistema radicular sano y extensivo, no requieren de condiciones especiales de mantenimiento, son compatibles con la vida silvestre del lugar, se han adaptado a los depredadores naturales y a las características de la región (Alvarado, 2016).

2.2.1 Criterios para la selección de especies vegetales para la recuperación de agostaderos

De acuerdo con Alvarado (2016), para que la vegetación ayude a controlar y reducir los procesos de degradación que están fuertemente relacionados con

las características del terreno a ser recuperado, debe tener las siguientes características:

- Propagación y crecimiento rápido.
- Preferentemente ser plantas perennes.
- Sistemas radicales profundos para un buen anclaje.
- Follaje fuerte y grande.
- Especies poco exigentes a la calidad del sitio.
- Mínimo mantenimiento en cuanto a riego, limpieza y podas.
- Resistencia a plagas y enfermedades.
- Resistencia a pisoteo y fuego.
- Valor agregado.
- Ser de usos múltiples.

Dependiendo de los problemas que se pretendan resolver se busca que las especies a establecer cubran ciertos requisitos. Si solo son para dar estabilidad al suelo y no como alimento del ganado, se puede establecer especies poco palatables, para que el ganado permita su óptimo desarrollo en la zona.

Otros criterios que se toman en cuenta de acuerdo con Alvarado (2016) son:

Criterios Biotécnicos

- Control de erosión. En este caso utilizar especies leñosas o herbáceas que presenten raíces densas y fibrosas extendidas, que se nutran de los horizontes superiores del suelo.
- Estabilización y prevención de movimientos en masas; utilizar arbustivas o arbóreas con raíces pivotantes, profundas y fuertes, que se nutran de los horizontes inferiores del suelo, las plantas nativas deben cumplir funciones de anclaje y reforzamiento.

Criterios Ambientales

- Bioclima, la topografía, suelo, fertilidad y pH. Es por eso que son tan importantes las especies nativas, ya que son éstas las que mejor se adaptan a las condiciones del terreno en recuperación.

Criterios Fitosociológicos

Esta clasificación se hace dependiendo del grado de adaptabilidad y tolerancia que tienen las especies a los sitios perturbados.

- Especies pioneras: son las primeras en establecerse, presentan crecimiento rápido y una alta tasa de reproducción.
- Especies competidoras: son aquellas que se desarrollan en condiciones de bajo estrés ambiental y de perturbación, pero que compiten por el recurso disponible.
- Plantas tolerantes: éstas resisten condiciones altas de estrés como pisoteo, inundaciones, incendios, sequías y/o heladas, pero en un nivel bajo.
- Plantas ruderales: son las que presentan mayor adaptabilidad, aparecen en sitios muy alterados como zonas de cultivo, zonas urbanas y a orillas de caminos. Son herbáceas anuales o bianuales de ciclo corto y de amplia distribución geográfica.

Para la selección apropiada de especies vegetales en la recuperación de agostaderos, se debe tomar en cuenta el clima, los suelos, el uso de la tierra y la distribución natural, ya que de estos factores depende el éxito del establecimiento y la supervivencia de las especies.

Al recuperar un agostadero se eleva su condición, capacidad de carga y productividad. (Tácuna *et al.*, 2015). La implementación de especies nativas es una forma de restauración que intenta restablecer las comunidades vegetales aproximándolas al estado de origen más cercano al que había antes del disturbio.

2.3 Índice de importancia cultural

Existen diferentes métodos cuantitativos para evaluar los atributos y el valor de las especies vegetales, de acuerdo con la etnobotánica se agrupa en tres enfoques: asignación subjetiva, usos totales y consenso de informantes. A partir de las respuestas de los informantes por cada planta se calcula la importancia relativa, lo cual permite realizar comparaciones a nivel estadístico. Este enfoque estima el valor de las plantas para cierto grupo humano, así como el papel que desempeña dentro de la cultura y sus costumbres (Castañeda-Sifuentes y Albán-Castillo, 2016).

El indicador de importancia cultural que propusieron Tardío & Pardo (2008) sirve para identificar el valor que la comunidad o localidad le da a una especie vegetal en particular, en donde se toma en cuenta el uso o usos que los pobladores le dan y la intensidad de uso de cada una de las especies locales. También existen otros autores los cuales toman en cuenta más parámetros y realizan modificaciones, como Figueroa (2000), quien toma en cuenta la intensidad de uso, la frecuencia de mención y el valor del uso total para cada especie.

2.4 Sistemas Silvopastoriles

Son uno de los tipos de sistemas agroforestales en los cuales se combinan en un mismo espacio varios estratos de plantas; árboles (los cuales pueden ser maderables, frutales, forrajeros y/o de usos complementarios), arbustos y/o hierbas, las cuales están destinadas principalmente a la alimentación del ganado bovinos, ovinos y caprinos. Al realizar este tipo de arreglos, lo que se busca es elevar al máximo la eficiencia de los procesos biofísicos esenciales; fotosíntesis, fijación de nitrógeno y el reciclaje de nutrientes, con la finalidad de incrementar el contenido de materia orgánica en el suelo y aumentar la producción de biomasa dentro del sistema (Murgueitio *et al.*, 2011).

De acuerdo con Martínez (2012), los sistemas silvopastoriles son una modalidad de uso de la tierra en donde interaccionan los componentes arbóreo, arbustivo, forrajero, ganadero, edáfico y humano, los cuales se caracterizan por

optimizar la productividad de la tierra a través del aprovechamiento diversificado, en el que, cada componente provee diversos productos y servicios. Los árboles, por ejemplo, proveen productos como; madera, frutos, aceites, goma, cosméticos, medicina, leña, forraje, postes y servicios como; sombra para el ganado y el productor, retención de suelo, regulador del clima, producción de oxígeno, etc.

Krishnamurthy *et al.* (2003) mencionan que al implementar este tipo de sistemas ocurren interacciones importantes entre leñosas y animales, las cuales pueden ser directas o mediadas por el suelo y los pastos (indirectas). Dentro de las interacciones directas destaca la protección de la radiación solar, heladas y acción del viento, aporte de nutrientes a la dieta de los animales, mediante la producción de follaje, frutos, flores, hojarasca e incluso corteza. Lo cual permite aprovechar las interacciones positivas para potenciar el nivel productivo y diversificar la producción y, por lo tanto, incrementan los ingresos económicos del productor. Esto permite adoptar sistemas de producción sustentables, es decir, sistemas que satisfacen las necesidades familiares actuales sin comprometer o sacrificar el derecho a satisfacer las necesidades de las generaciones futuras. Para la construcción de sistemas silvopastoriles es recomendable seleccionar adecuadamente el componente leñoso, considerando las especies que mejor apoyen la producción animal, procurando incluir al sistema árboles y arbustos de usos múltiples y de preferencia que produzcan buen nivel de materia seca (forraje de buena calidad), con valores altos en los siguientes atributos:

Digestibilidad: la mayor parte del forraje es aprovechado por el animal, es decir, que se digiere bien en el rumen y no es excretada en las heces.

Valor nutritivo o biológico: cantidad del forraje o de la dieta que además de ser digerida en el rumen del animal, se convierte en leche, carne o lana.

Calidad de la dieta: cantidad de nutrientes que tiene un forraje o la dieta que consume el animal expresado en proteína cruda (PC), energía metabolizable (EM), vitaminas y minerales.

Los sistemas silvopastoriles son considerados como una de las modalidades más prometedoras de los sistemas agroforestales por desarrollar armónicamente en el mismo sitio árboles, arbustos, pastos y ganado, trayendo beneficios ecológicos, productivos, sociales y económicos (Alonso, 2011).

2.5 Tipos de Sistemas Silvopastoriles

2.5.1 Árboles dispersos en potreros

Los árboles dispersos en potreros es una de las tecnologías silvopastoriles que más se utiliza, debido a que cumple muchas funciones dentro de los sistemas ganaderos, ya que provee productos y servicios diversificados, tanto para el ganado, el productor y el ambiente (Martínez-Encino *et al.*, 2013).

Para implementar de manera adecuada estas tecnologías, es necesario regular las densidades, realizar un acomodo adecuado, dependiendo de la finalidad del trabajo, las especies a implementar y el tipo de ganado con el que se va a trabajar. De acuerdo con esto, se hace la selección de especies buscando que las arbóreas a implementar estén adaptadas al medio, que sean buenas productoras de materia seca y que además posean usos múltiples que beneficien la diversificación del sistema y a su vez hagan al sistema más rentable (Krishnamurthy *et al.*, 2003).

El establecer o plantar árboles en potreros representa una opción viable para incrementar la productividad y sostenibilidad de los sistemas silvopastoriles, lo cual permite la diversificación de productos y servicios ambientales tales como: madera para postes, carbón, captura de carbono, sombra, fijación de nitrógeno, materia orgánica para el suelo, conservación de la biodiversidad, conservación de fuentes abastecedoras de agua y protección del suelo contra la erosión (Esquivel *et al.*, 2003) y forraje de buena calidad para la alimentación de los animales, a lo largo del año, en especial durante la época de baja producción de pasturas por escasa precipitación.

Los árboles tienen un papel importante en la productividad, conservación y regeneración de los sistemas ganaderos y tienen efectos benéficos sobre los animales al protegerlos del estrés calórico o frío extremo, creando dentro del sistema pequeños microclimas (Ledesma y Boletta, 1969).

2.5.1 Leñosas perennes con cultivos de pastos en callejones

Este sistema silvopastoril es una modificación del sistema agroforestal cultivos en callejones, donde se cultivan especies con potencial forrajero dentro de fajas o entre las hileras de árboles o arbustos (Pezo e Ibrahim, 1996).

Existen dos modalidades de aprovechamiento en este tipo de sistema silvopastoril: de corte y acarreo, es decir, el forraje es cortado y llevado a los establos para acercarlo al ganado; y aprovechamiento directo bajo pastoreo. Al utilizar esta segunda modalidad, los beneficios al sistema aumentan, ya que proporcionan forraje de buena calidad para el ganado, aumentando la biomasa en el sistema y generando el mantillo en el suelo. Esto mejora la fertilidad del suelo a través de la transferencia y fijación de nitrógeno, se reduce la pérdida de nutrientes en el suelo al disminuir la erosión y lixiviación y es una excelente opción para disponer de forraje en la época seca del año (Ibrahim y Botero, 1997).

Los forrajes en callejones pueden establecerse seleccionando especies de gramíneas de porte erecto, con alto potencial de producción de forraje, los cuales se establecen entre hileras de arbóreas o arbustivas leguminosas que, además, sean palatables para ser utilizadas como forraje para el ganado. Pero cuando el propósito es dar protección al suelo y mejorar su fertilidad, se deben seleccionar especies poco palatables y con buen potencial de producción de biomasa (Krishnamurthy *et al.*, 2003).

2.5.3 Árboles en beneficio de la ganadería

Se reconoce la importancia de los árboles en los sistemas de pastoreo por los efectos positivos sobre la producción de pasto y ganado al proveer sombra y alimento a los animales a través del follaje, flores y frutos; principalmente durante el periodo de sequía debido a que generan un microclima favorable que reduce la evaporación del agua acumulada en el suelo y raíces de la flora circundante, reduce el impacto de estrés calórico por la producción moderada de sombra, lo cual evita que el ganado pierda peso y mejora la productividad del suelo a través del reciclaje de nutrientes, tanto de minerales como de materia orgánica (Martínez, 2012).

Por lo tanto, los árboles utilizados dentro de los sistemas productivos de ranchos, fincas y agostaderos tienen gran importancia al generar mayores ingresos para los productores, además de conservar y proteger los recursos naturales con los que cuenta la unidad de producción y con ello mejorar la calidad de vida de los productores y consumidores. Esto se logra al sembrar o plantar árboles eligiendo las especies idóneas, en el lugar y temporada correcta y en un arreglo de siembra adecuado, para obtener los resultados deseados de acuerdo con los objetivos planteados (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos [USDA], 2001).

Además de que de manera implícita, al implementar árboles en los sistemas agroforestales y sistemas silvopastoriles, estos sistemas se benefician con servicios ambientales tales como, conservación de suelos, aumento en la diversidad biológica (tanto de flora como de fauna), conservación de agua, uso racional tanto de agua como del suelo, mayor aprovechamiento de la energía solar, sombra para el ganado, vegetación, fauna y productores, reducción en los costos de producción, por lo tanto mejora significativamente la rentabilidad y competitividad del sistema (Izaguirre y Martínez, 2008).

Los árboles y los productores representan la energía restauradora de los sistemas ganaderos, ya que en ellos está el cambio para la recuperación de los ecosistemas y con ello comenzar un cambio ambiental positivo, por lo que los

ganaderos están llamados a ser los mejores aliados de la naturaleza (Calle y Murgueitio, 2020).

2.6 Literatura citada

- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 45(2), 107-115.
- Alvarado, G. V. (2016). La vegetación como factor de control de la erosión. *Repertorio Científico*. 19 (1), 13-17.
- Buckingham, K. y Weber S., (2015). Evaluación de Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. Estudios de casos en Ghana, Indonesia y México. Consultoría del instituto de los recursos Mundiales (WRI) para la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) P.30.
- Calle, Z. y Murgueitio, E. (2021). *Factores que contribuyen a la resiliencia de los sistemas silvopastoriles intensivos*. [Webinar]. Yale-ELTI & CIPAV, Colombia. <https://www.youtube.com/watch?v=QkTehDu5ZTQ>.
- Calle, Z. y Murgueitio E. (2020). *Árboles nativos para predios ganaderos. Especies focales del Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible*. CIPAV, Cali Colombia.
- Castañeda-Sifuentes, R. y Albán-Castillo, J. (2016). Importancia cultural de la flora silvestre del distrito de Pamporamas, Ancash, Perú. *Revista de Ecología Aplicada*. 15(2), 151-169.
- Esquivel, H., Ibrahim, M., Harvey C., Villanueva, C., Benjamín, T. y Sinclair, F. (2003). Árboles dispersos en potreros de fincas ganaderas en un ecosistema seco de Costa Rica. *Agroforestería en las Américas*. 10 (39-40), 24- 29.
- FAO (Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2021). *La ganadería y el medio ambiente*. Recuperado de: <http://www.fao.org/livestock-environment/es/>.
- Figuerola, S. E. (2000). *Uso agroecológico, actual y potencial, de especies arbóreas en una selva baja caducifolia perturbada del suroeste del Estado de México*. (Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México).
- Flores-Valdez, C. A. (2004). *Los nopales y la lucha contra la desertificación*. En Esparza-Frausto, G., Valdez-Cepeda y Méndez-Gallegos, S. (Eds.). *El nopal: tópicos de actualidad*. (Pp.167-182).

- Krishnamurthy, L. Rojagopal, I. y Arroyo, A. (2003). Introducción a la agroforestería para el desarrollo rural. SEMARNAT, México, D.F. págs. 79-90.
- Ledesma, N.R. y Boletta, P.E. (1969). Variación de la temperatura dentro y fuera del Bosque, en bosque virgen y en bosque degradado. Primer Congreso Forestal Nacional.
- Martínez, C. (2012). *Caracterización del manejo de los sistemas ganaderos con árboles dispersos en potreros y su relación microclimática, en la Sierra de Tabasco*. (Tesis de Maestría, El Colegio de la Frontera Sur, Tabasco).
- Martínez- Encino, C., Villanueva-López, G. y Casanova-Lugo, F. (2013). Densidad y composición de árboles dispersos en potreros en la sierra de Tabasco, México. *Agrociencia*. 47(5), 483-496.
- Mendoza-Hernández, P. E. (2009). *Elementos de rehabilitación ecológica: primeros pasos en la reintroducción de plantas*. Manual REPSA. Facultad de Ciencias, UNAM. págs. 61-69.
- Méndez-Toribio, M., Martínez-Garza, C., Ceccon, E. y Guariguata, M. (2018). *La restauración de ecosistemas terrestres México: Estado actual, necesidades y oportunidades*. Documentos Ocasionales 185. Bogor, Indonesia: CIFOR. pág 116
- Murgueitio E, Calle Z, Uribe F, Calle A & Solorio B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*. 261 (10), 1654-1663.
- OIMT (Organización Internacional de las Maderas Tropicales). (2002). *Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados*. OIMT Serie de políticas forestales No. 13. P. 87.
- Peréz, D. R., Rovere, A. E. y Farinaccio, F. M. (2010). *Rehabilitación en el desierto. Ensayos con plantas nativas en Aguada Pichana*, Nuquén-Patagonia. P. 79.
- Pezo, D. e Ibrahim, M. (1996). Sistemas silvopastoriles, una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos. En Pastoreo intensivo en las zonas tropicales. I Foro Internacional (7 al 9 de noviembre). FIRA/BANCO DE MEXICO. Veracruz, México. P. 35.
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). (2018). Gobierno de México, *La ganadería: símbolo de fortaleza del campo mexicano*, Sitio web:<https://www.gob.mx/siap/articulos/la-ganaderia-simbolo-de-fortaleza-del-campo-mexicano>.
- Tácuna, R.E., Aguirre, L. y Flores, E. R. (2015). Influencia de la revegetación con especies nativas y la incorporación de materia orgánica en la

- recuperación de pastizales degradados. *Ecología Aplicada*. 14 (2), 191-200.
- Tardío, J. & Pardo-De-Santayana, M. (2008). Cultural Importance Indices: A Comparative Analysis Based on the Useful Wild Plants of Southern Cantabria (Northern Spain). *Economic Botany*. 62(1), 24-39.
- UGRQ (Unión Ganadera Regional de Querétaro). (2018). Diario de Querétaro, Sitio web: <https://www.diariodequeretaro.com.mx/local/potencia-ganadera-queretaro-octavo-productor-de-carne-1300230.html>.
- USDA (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos). (2001). *Árboles trabajando en beneficio de la ganadería*. (Folleto). Sitio web: <https://www.fs.usda.gov/nac/assets/documents/workingtrees/brochures/wtlse-e.pdf>
- Vargas, R. O. (2011). Restauración ecológica: biodiversidad y conservación. *Acta Biológica Colombiana*. 16 (2), 221-246.
- Vázquez Y. C., Batíz A. I., Alcocer M. & Gual M. (1999). *Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Conabio. DOI:10.13140 /RG.2.2.11004 .5 4407.
- Villagra, P.E., Passera, C.B., Greco, S., Sartor, C., Aranibar, J., Meglioli, P., Álvarez, J.A., Allegretti, L. I., Fernández, M.E., Cony, M.A., Kozum, P. C. y Vega Riveros C. (2017). *Uso de plantas en la restauración y recuperación productiva de ambientes salinos de las zonas áridas de la región del Monte, Argentina*. págs 26

3 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El trabajo de tesis se llevó a cabo en el ejido Cadereyta Santa Bárbara (Figura 1). La localidad de Santa Bárbara, municipio de Cadereyta de Montes, pertenece a la región semiárida del estado de Querétaro de Arteaga. El área de estudio se ubica entre los paralelos 20° 34' y 21° 01' de latitud Norte; y los meridianos 99° 23' y 99° 52' al Oeste de Greenwich; con altitudes que van de los 800 a 3 200 m.s.n.m. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía [INEGI], 2009).



Figura 1. Mapa de localización.

El ejido Cadereyta Santa Bárbara, está a 10.6 km del centro del municipio Cadereyta de Montes y se conforma de 5 localidades; Santa Bárbara, Los Remedios, San Martín, Los Ríos y Los Llanitos de Santa Bárbara, contando con una superficie de 3,474 ha de tierras de uso común y 929 ha de superficie parcelaria; la localidad Santa Bárbara cuenta con 321.21 ha de uso común y 312 de área parcelada, colinda al norte con el ejido San Juan de la Rosa y el municipio de Tolimán; al sur con pequeñas propiedades y con el ejido Zituni; al oriente con el ejido El Ranchito y al poniente con los municipios de Ezequiel Montes y Tolimán. Estos municipios pertenecen a la región hidrológica Pánuco, cuenca del Río Moctezuma, subcuenca Río Extóraz (39.9%), Río San Juan (30.4%), Río Moctezuma (29.6%) y Río Tula (0.1%) (INEGI, 2017).

3.1 Clima

En el predio ejidal de Santa Bárbara se tiene un clima semiárido templado con clave BS1kw (Figura 2), donde la precipitación promedio anual es de 400 mm que se concentra durante el verano, la temperatura media anual es de entre

12°C y 18°C, siendo diciembre el mes más frío con una temperatura entre -3°C y 18°C y mayo el mes más caliente llegando a presentar hasta 38°C, con escasa lluvia invernal (INEGI, 2009).

En los meses de agosto y septiembre, la cantidad de lluvias aumenta y desciende en octubre durante la época invernal. En los meses húmedos del año (junio a septiembre) se concentra del 65 a 74% del total de la precipitación anual, hecho que denota una temporada húmeda y otra seca. En la época de secas se presentan lluvias aisladas principalmente en enero, pero no son significativas para la agricultura ya que apenas alcanzan el 5% del total de precipitación anual. Se presentan también granizadas que se han registrado en promedio por 0-4 días.

El inicio del periodo de lluvias es el que marca las actividades agropecuarias de la localidad, ya que la agricultura que se practica es de temporal. El ganado se mantiene estabulado durante los meses de noviembre a mayo, son alimentados con rastrojo de la siembra de maíz, vainas de mezquite y alimentos balanceados, mientras que en los meses de lluvia se aprovechan las especies forrajeras que crecen en el agostadero.

3.2 Suelo

La mayor parte de las tierras de agostadero están formadas por suelo Feozem Háplico (Figura 2) llamadas localmente “tierras pardas”. Este tipo de suelo se presenta en cualquier relieve y clima, por esta razón ocupa el cuarto lugar en cuanto a abundancia en los suelos del país, y se caracteriza por tener una capa superficial oscura, la cual es rica en nutrientes y materia orgánica; son suelos porosos, semejantes a las capas superficiales de los suelos Chernozems y Castañozems, pero no presenta las capas ricas en cal como estos dos tipos de suelos. En el caso del predio denominado las 300 ha, porción de agostadero en estudio, el suelo va acompañado de manchones de Litosoles, que son suelos esqueléticos poco desarrollados, con fase gravosa y pedregosidad superficial. Estos suelos son fácilmente erosionables cuando no tienen cubierta vegetal que los proteja. La otra parte del predio de las 300 ha presenta suelos Rendzina que

son suelos ricos en materia orgánica sobre roca caliza, suelos propios de zonas secas (INEGI, 2007). El tipo de degradación que se presenta en los suelos del predio es en forma laminar en canales, formando cárcavas que van de pequeña dimensión en unas zonas a gran dimensión en otras, cuentan con poca cobertura vegetal lo que va intensificando los procesos de erosión.

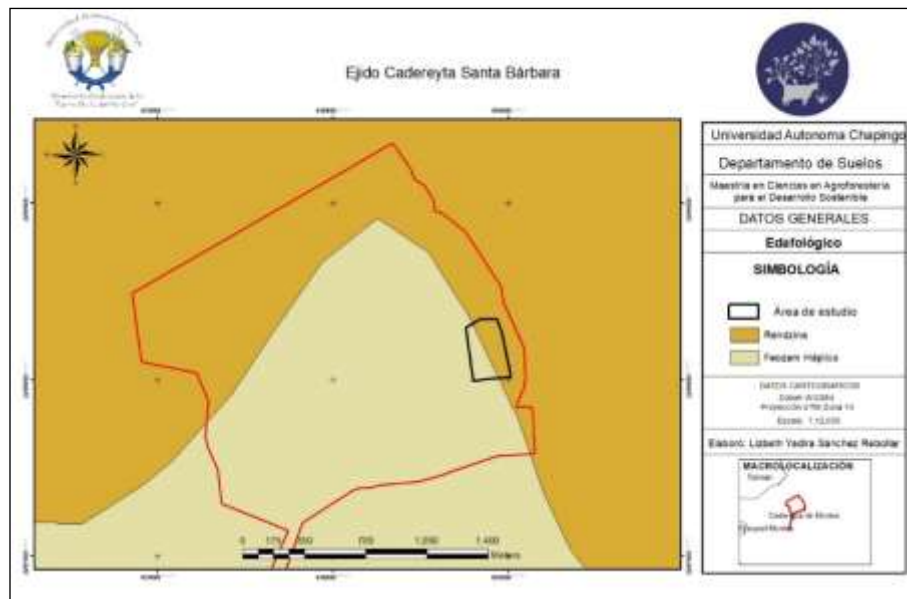


Figura 2. Mapa edafológico.

La geología del sitio está conformada por rocas ígneas sedimentarias y rocas ígneas extrusivas. Ígnea extrusiva: basalto (10.3%), andesita (7.1%), toba ácida (5.1%), volcanoclástico (1.8%), toba básica-brecha volcánica básica (1.5%), basalto-brecha volcánica básica (0.6%) y lutita (0.2%), Sedimentaria: caliza (31.3%), caliza-lutita (23.5%), arenisca (7.4%) y conglomerado (5%). (Datos provenientes de un estudio que mandaron hacer los productores).

3.3 Vegetación

En este tipo de clima, la vegetación que predomina es el matorral crasicaule asociado a vegetación secundaria de matorral (INEGI, 2009) y los principales componentes son los nopales (*Opuntia sp.* Mill.) como bondote, chamacuero y aguamielero. Además de cardón (*Cylindropuntia imbricata* (Haw.) F.M. Knuth),

garambullo (*Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) Console.) y biznagas (*Ferocactus latispinus* (Haw.) Britton & Rose) (Figura 3).

El matorral mediano subinerme está asociado con matorral crasicaule y los principales componentes son: acebuche (*Olea europaea* var. *sylvestris*. L.), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.), uña de gato (*Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* (Benth.), mezquite (*Prosopis* sp. L.), huizache (*Acacia* sp. Mill.), granjeno (*Condalia velutina* I. M. Johnst) y otras plantas como; palo bobo (*Ipomea murucoides* Roem. & Schult.), sangre de drago (*Jatropha dioica* Sessé), tepehuaje (*Lysiloma acapulcense* (Kunth) Benth.), palo prieto (*Colubrina greggii* S.Watson), palo shishote (*Bursera fagaroides* (Kunth) Engl.), solimán (*Solanum diphyllum* L.), tullidora (*Karwinskia humboldtiana* (Schult.) Zucc.), etc.

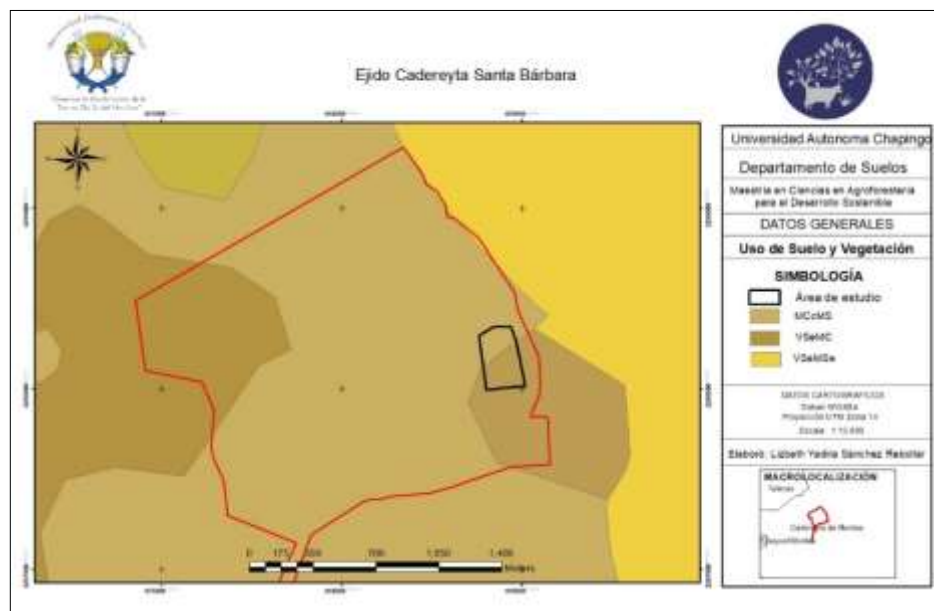


Figura 3. Mapa uso de suelo y vegetación.

El uso de suelo en el predio es ganadero, con ganado bovino para carne. Anteriormente, se practicaba la agricultura de temporal en pequeñas áreas del terreno, donde, con el paso del tiempo ya se llevó a cabo la sucesión ecológica.

3.4. Literatura citada

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2007) Conjunto Nacional de Información Edafológica. Serie II. INEGI. México. Recuperado el 10 de agosto de 2021 de <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2009). Biblioteca digital de mapas. Serie VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Recuperado el 12 de agosto de 2021: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2017). *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos. Cadereyta de Montes, Querétaro: Clave geoestadística 22004.*

4 IMPORTANCIA CULTURAL DE ESPECIES FORRAJEARAS NATIVAS PARA SU UTILIZACIÓN EN SISTEMAS AGROFORESTALES

4.1 Resumen

Se le denomina importancia cultural al valor que la población le proporciona a las especies vegetales dependiendo de la diversidad de usos, lo cual es resultado de costumbres y tradiciones. El objetivo de este estudio fue determinar las especies vegetales nativas del semidesierto queretano que tienen mayor valor cultural para los pobladores del ejido Cadereyta Santa Bárbara para seleccionar aquellas de mayor índice de importancia cultural que puedan usarse en la rehabilitación de los agostaderos de la comunidad mediante arreglos silvopastoriles. Se realizaron 50 entrevistas semiestructuradas dirigidas a productores ganaderos de la comunidad Santa Bárbara. El valor de importancia cultural se estimó mediante el índice de importancia cultural general (IIC) y el índice de importancia cultural de cada especie (ICe). Los entrevistados reportaron 26 especies de uso forrajero de 13 familias botánicas. La familia Fabaceae resultó con el mayor número de especies reportadas, seguida de la familia Cactaceae. Todas las especies mencionadas se agruparon en 14 categorías de uso (Fo = forrajero, Al = alimento humano, Ba = bebida alcohólica, Re = reforestación, Ce = control de erosión, So = sombra, Le = leña, Ca = carbón, Me = medicinal, ETN = etnoveterinario, He = herramientas, Co = construcción, Mel = melífera, Po = postes.). Las especies vegetales que obtuvieron mayor IIC y ICe fueron; *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst. (IIC = 16.03; ICe = 2.74), *Acacia farnesiana*. L. Willd (IIC = 9.33, ICe = 0.72) y *Eysenhardtia polystachya*, Ortega Sarg (IIC = 9.83, ICe = 0.46). Las arbustivas con mayor valor cultural fueron; *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck (IIC = 12.09, ICe = 1.42), *Opuntia* sp. Mill (IIC = 7.06, ICe = 1.4) y *Zaluzania augusta* Pers. (IIC = 5.23, ICe = 0.62). El mezquite fue la especie vegetal con más usos y representa la arbórea más apreciada por su valor forrajero y alimenticio.

Palabras clave: forrajeras nativas, importancia cultural, categorías de uso, arbóreas de usos múltiples.

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Lizbeth Yadira Sánchez Rebollar

Director: Alejandro Lara Bueno

4.2 Abstract

CULTURAL IMPORTANCE OF NATIVE FORAGE SPECIES FOR USE IN AGROFORESTRY SYSTEMS

Cultural importance is the value that the population gives to plant species depending on the diversity of uses, which is the result of customs and traditions. The objective of this study was to determine the native plant species of the Queretaro semi-desert that have the greatest cultural value for the inhabitants of the Cadereyta Santa Bárbara ejido in order to select those with the highest index of cultural importance that can be used in the rehabilitation of the community's pastures through silvopastoral arrangements. Fifty semi-structured interviews were conducted with livestock producers in the Santa Bárbara community. The value of cultural importance was estimated using the general cultural importance index (IIC) and the cultural importance index of each species (ICe). Respondents reported 26 forage species from 13 botanical families. The Fabaceae family resulted with the highest number of species reported, followed by the Cactaceae family. All the species mentioned were grouped into 14 use categories (Fo = forage, Al = human food, Ba = alcoholic beverage, Re = reforestation, Ce = erosion control, So = shade, Le = wood, Ca = charcoal, Me = medicinal, ETN = ethnoveterinary, He = tools, Co = construction, Mel = melliferous, Po = posts). The plant species with the highest IIC and ICe were; *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl.ex Willd.) M. C. Johnst. (IIC = 16.03; ICe = 2.74), *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (IIC = 9.33, ICe = 0.72) and *Eysenhardtia polystachya*, Ortega Sarg (IIC = 9.83, ICe = 0.46). The shrubs with the highest cultural value were; *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck (IIC = 12.09, ICe = 1.42), *Opuntia sp.* Mill (IIC = 7.06, ICe = 1.4) and *Zaluzania augusta* Pers. (IIC = 5.23, ICe = 0.62). Mesquite was the plant species with the most uses and presents the most appreciated tree species for its forage and food value.

Key words: native forage plants, cultural importance, use categories, multiple-use trees

Thesis Master's Degree in Agroforestry for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo.

Author: Lizbeth Yadira Sánchez Rebollar

Advisor: Alejandro Lara Bueno

4.3 Introducción

Las plantas son, han sido y serán de vital importancia en la vida, desarrollo y evolución del ser humano, dado que le permiten satisfacer necesidades de alimento, construcción, calor, refugio, abrigo y son una fuente de ingresos, por ello se le atribuye un valor, dependiendo de los usos y costumbres de cada cultura, a este valor se le denomina “importancia cultural” y lo otorga el pueblo dependiendo de la importancia que desempeña la planta en esa cultura. Para evaluar la importancia cultural de las plantas se han desarrollado diversas formas o fórmulas, esto mediante índices e indicadores, los cuales incluyen distintas variables (Levy y Aguirre, 1999; Herrera-Flores *et al.*, 2019).

Una de las variables más importantes es el uso que cada comunidad le da a cada especie vegetal. Estos usos están estrechamente relacionados con los patrones de comportamiento y las creencias, así, algunos estudios han cuantificado el conocimiento tradicional asociado a la flora y, gracias a esto, se pueden identificar especies que deben ser estudiadas a profundidad para dar validez a los datos obtenidos de las localidades. El conocimiento de la riqueza cultural y biológica local es fundamental para que cualquier trabajo de rehabilitación ecológica sea viable. Puesto que, al utilizar especies con alto valor cultural, los pobladores ven y conocen los beneficios y el potencial de esas especies y las cuidan y conservan (Barrea, 2014). Es por ello, que el presente estudio tiene como objetivo determinar los índices de importancia cultural (IIC) de las especies forrajeras de la zona para seleccionar aquellas con mayor valor que serán implementadas en sistemas silvopastoriles.

4.4 Materiales y Métodos

4.4.1 Descripción del área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el ejido Cadereyta Santa Bárbara, localidad Santa Bárbara, municipio de Cadereyta de Montes, perteneciente a la región semiárida del estado de Querétaro de Arteaga. El área de estudio se ubica

entre los paralelos 20° 34' y 21° 01' latitud N y los meridianos 99° 23' y 99° 52' longitud O; con altitud entre 800 a 3 200 m.s.n.m. (INEGI, 2009). El clima es templado semiárido con clave climatológica BS1kw (Semiárido, templado, con lluvias en verano). La precipitación promedio anual es de 400 mm que se presenta en su mayor parte durante el verano, con escasa lluvia invernal; la temperatura media anual es de entre 12°C y 18°C, siendo diciembre el mes más frío con temperaturas entre -3°C y 18°C y mayo el mes más caliente llegándose a presentar temperaturas de hasta 38°C (INEGI, 2009). El área de estudio cuenta con 168 viviendas y 809 habitantes, es una población rural con alto grado de marginación (Secretaría de Desarrollo Social [SEDESOL], 2010). Santa Bárbara es una localidad cuyas actividades económicas principales son; agricultura y ganadería familiar y se contratan como obreros o jornaleros para complementar el ingreso.

4.4.2 Obtención de información

Para obtener información sobre cuáles son las especies que tienen mayor potencial forrajero en la zona de estudio se realizaron 50 encuestas semiestructuradas (Figura 4), mediante las cuales se recabó información básica sobre el entrevistado como: edad, sexo, ocupación, nombre, así como información sobre el nombre local y el uso de las especies vegetales que se utilizan en la alimentación del ganado, además de otros usos que los pobladores le dan a cada especie, desde hace cuánto tiempo se utilizan, y a qué distancia se encuentran, etc.

Para la aplicación de las encuestas, primero, se seleccionaron personas que actualmente utilizan el agostadero, es decir ganaderos activos. Posteriormente se seleccionaron personas de edad avanzada para conocer los usos que se les daba anteriormente a las especies. Por último, se entrevistaron personas adultas no ejidatarios y agricultores jóvenes del ejido, para registrar los usos de las plantas que aún se conservan. Con la información obtenida se estimaron los índices de importancia cultural de las especies forrajeras locales mediante dos métodos distintos: la metodología propuesta por Tardío & Santayana (2008),

que toma en cuenta el número de informantes y los reportes de uso de cada especie vegetal; y la metodología propuesta por Figueroa-Solano (2000), la cual toma en cuenta la intensidad de uso, frecuencia de mención y el valor de uso total para cada especie.



Figura 4. Aplicación de entrevistas a pobladores del ejido Cadereyta Santa Bárbara.

4.4.3 Análisis de la información

La ecuación de Tardío y Pardo (2008) es la siguiente:

$$ICe = \sum_{u=u1}^{uNC} \sum_{i=i1}^{iN} RU_{uie} / N$$

Donde:

ICe = Importancia cultural de la especie e.

RU_{uie}= Reportes de uso de la especie e.

N= Número de informantes considerados en el estudio.

NC= Número de categorías de uso consideradas en el estudio.

La ecuación de Figueroa- Solano (2000) es la siguiente:

$$IIC_2 = \frac{\sum (lu_z + fm_z + Vut_z)}{300}$$

Donde:

$$lu_z = \frac{\text{Número de usos de la sp } x}{\text{Número total de usos para todas las sp.}} * 100$$

$$fm_z = \frac{\text{Número total de la sp } x \text{ para todos los usos}}{\text{Número total de menciones de todas las sp. para todos los usos}} * 100$$

$$Vu_z = \frac{\text{Número total de mediciones de la sp } x \text{ para un uso}}{\text{Número total de menciones de todas las sp, para un uso}} * 100$$

$$Vut_z = \sum (Vu_x + Vu_y + Vu_z + \dots + Vu_n)$$

lu_z = Intensidad de uso

fm_z = Frecuencia de mención

Vu_z = Valor de uso total para cada especie

4.5 Resultados

4.5.1 Registro de información etnobotánica de la vegetación forrajera nativa

Las encuestas fueron contestadas por mujeres (56 %) que se ubicaron en un rango de edad de 15 a 82 años, las cuales se dedican principalmente al hogar, la agricultura, la ganadería, son empleadas y estudiantes; los hombres que contestaron la encuesta (44 %), tienen un rango de edad que va de los 19 a 86 años, los cuales se dedican principalmente a las actividades agropecuarias (agricultura de temporal y ganadería), pero también son jornaleros, comerciantes, estudiantes y obreros.

Los pobladores y ejidatarios de edad avanzada que fueron entrevistados tienen amplio conocimiento sobre las especies vegetales que se utilizan con fines forrajeros, en cambio los pobladores menores y los adultos, tienen menor

conocimiento del tema. Para sustentar la información obtenida, se realizó un recorrido de campo con los ejidatarios ganaderos para la identificación de las especies consumidas por el ganado, además de otros usos que le dan a cada especie forrajera (Figura 5).



Figura 5. Recorrido de acompañamiento con ganaderos del ejido Cadereyta Santa Bárbara para la identificación y usos de la vegetación con fines forrajeros.

4.5.2 Estimación de la importancia cultural de las especies forrajeras nativas por medio del índice propuesto por Figueroa-Solano (2000)

Con la información recabada en las entrevistas y en campo se procedió a estimar los índices de importancia cultural de las especies forrajeras nativas mediante el índice propuesto por Figueroa-Solano (2000), en donde se toma en cuenta la frecuencia de mención, el valor de uso y la intensidad de uso de cada especie, mencionada por los productores. De acuerdo con la información obtenida, se reportaron 26 especies de árboles, arbustos y hierbas, agrupadas en 13 familias botánicas. En el Cuadro 1 se enlistan todas las especies reportadas y el índice de importancia cultural obtenido para cada una.

Cuadro 1. Importancia forrajera de las especies nativas que existen en los agostaderos del ejido Cadereyta Santa Bárbara, obtenidos mediante el Índice de Importancia Cultural (IIC).

Nombre común	Familia botánica	Nombre científico	Usos	Iu	Fm	Vut	IIC %
Mezquite	Fabaceae	<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst.	7	9.3	18.5	20.3	16.03
Maguey	Asparagaceae	<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	6	8	11.1	17.21	12.09
Palo Dulce	Fabaceae	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	6	8	4.1	17.43	9.83
Huizache	Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	5	6.7	5.9	15.43	9.33
Nopal	Cactaceae	<i>Opuntia</i> sp. Mill	4	5.3	12.2	3.68	7.06
Limpia tuna, castendoni	Asteraceae	<i>Zaluzania augusta</i> Pers.	3	4	5.9	5.77	5.23
Uña de gato, shasni	Fabaceae	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> var. <i>biuncifera</i> (Benth.)	3	4	3.7	3.32	3.67
Palma	Asparagaceae	<i>Yucca filifera</i> Chabaud	3	4	1.1	4.57	3.22
Efes, guaje	Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit.	3	4	3.7	0.92	2.87
Pirul	Anacardiaceae	<i>Schinus molle</i> L.	4	5.3	1.8	1.25	2.81
Escoba, dalea	Fabaceae	<i>Dalea bicolor</i> Willd.	3	4	1.8	2.21	2.69
Palo blanco, Tepehua	Fabaceae	<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	3	4	1.8	2.04	2.63
Cardón	Cactaceae	<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F.M.Knuth	3	4	0.7	2.53	2.42
Quelite	Amaranthaceae	<i>Amaranthus hybridus</i> L.	2	2.7	2.6	0.65	1.97
Guamishi	Cactaceae	<i>Ferocactus hystrix</i> (DC.) G.E.Linds.	2	2.7	1.5	0.37	1.51
Garambullo	Cactaceae	<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console	2	2.7	0.7	0.19	1.2
Verdolaga	Portulacaceae	<i>Portulaca oleracea</i> L.	2	2.7	0.7	0.19	1.2
Casahuate, palo bobo	Convolvulaceae	<i>Ipomea murucoides</i> Roem. & Schult.	2	2.7	0.4	0.12	1.05
Colorín	Fabaceae	<i>Erythrina americana</i> Mill.	2	2.7	0.4	0.12	1.05
Órgano	Cactaceae	<i>Pachycereus marginatus</i> (DC.) Britton & Rose	2	2.7	0.4	0.12	1.05
Granjeno	Rhamnaceae	<i>Condalia microphylla</i> Cav.	2	2.7	0.4	0.09	1.04
Malva	Malvaceae	<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltdl.	1	1.3	0.7	0.05	0.71
Zacate rosado	Poaceae	<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	1	1.3	0.4	0.03	0.58
Ortiga	Urticaceae	<i>Urtica dioica</i> L.	1	1.3	0.4	0.03	0.58
Duraznillo	Solanaceae	<i>Solanum glaucophyllum</i> Desf.	1	1.3	0.4	0.03	0.58
Zacate burrero	Poaceae	<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	1	1.3	0.4	0.03	0.58
Otras especies vegetales							7.03

*Iu= intensidad de uso; Fm= frecuencia de mención; Vut= Valor de uso por especie

Las especies arbóreas que obtuvieron mayor IIC fueron; *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst. (IIC = 16.03), *Eysenhardtia polystachya* Ortega Sarg. (IIC = 9.83), y *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (IIC = 9.33), las tres pertenecientes a la familia botánica Fabaceae. En cuanto a las

arbustivas forrajeras, las que obtuvieron mayor valor cultural son: *Zaluzania augusta Pers.* (IIC = 5.23) y *Mimosa aculeaticarpa var. biuncifera Benth.* (IIC = 3.67), también pertenecientes a la familia Fabaceae. Las cactáceas que tienen potencial forrajero son: *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck (IIC = 12.09) y *Opuntia sp.* Mill (IIC = 7.06), son consumidas por el ganado durante la época seca. De este modo, de las 13 familias botánicas mencionadas como forrajeras por los entrevistados cuatro son las que destacan por tener el mayor número de especies forrajeras en los agostaderos del ejido Cadereyta Santa Bárbara; Fabaceae 30.8 %, Cactaceae 19.20 %, Asparagaceae 7.7 % y Poaceae con 7.7 % (Figura 6).

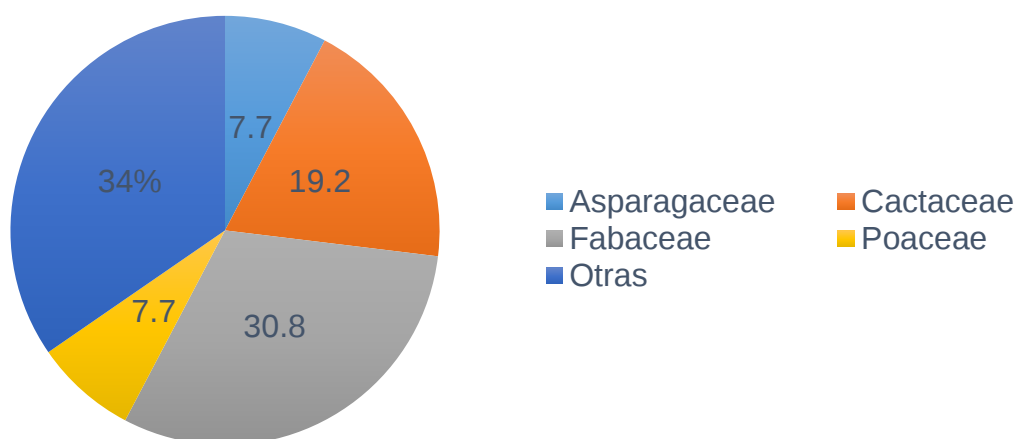


Figura 6. Familias botánicas más mencionadas en el estudio (%).

De acuerdo con la información de los entrevistados, la mayoría de las especies vegetales anteriormente mencionadas, tienen también otros usos (Cuadro 2). Estas especies tienen en conjunto 14 usos diferentes. El mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.) presenta 7 usos distintos (Fo, Al, So, Le, Ca, Me, Po), el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* Ortega Sarg.), 6 usos (Fo, Al, Re, Le, Me, ETN) y el maguey (*Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck). 6 usos (Fo, Al, Ba, Ce, Le, Co), siendo estas las especies con mayor número de usos, lo cual les da mayor valor cultural.

Cuadro 2. Especies forrajeras mencionadas y sus usos múltiples que se encuentran en los agostaderos de ejido Cadereyta Santa Bárbara.

Nombre científico	Nombre común	Usos	No. De usos
<i>Prosopis laevigata</i> (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.	Mezquite	Fo, Al, So, Le, Ca, Me,Po	7
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Palo Dulce, Palo azul	Fo, Al, Re, Le, Me, ETN	6
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	Maguey	Fo, Al, Ba, Ce, Le, Co	6
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	Huizache	Fo, So, Le, Ca, Mel	5
<i>Schinus molle</i> L.	Pirul	Fo, Al, So, Le	4
<i>Opuntia</i> sp. Mill.	Nopal	Fo, Al, Be, Le	4
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit,	Efes, guaje	Fo, Al, Le	3
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	Palma	Fo, Al, Co	3
<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	Palo blanco, Tepehuaje	Fo, Le, Co	3
<i>Zaluzania augusta</i> Pers.	Limpia tuna, castendoni	Fo, Le, He	3
<i>Dalea bicolor</i> Willd.	Escoba, dalea	Fo, Le, He	3
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> var. <i>biuncifera</i> (Benth.)	Uña de gato, shasni	Fo, Le, Po	3
<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F. M. Knuth	Cardón	Fo, Le, Po	3
<i>Ipomea murucoides</i> Roem. & Schult.	Casahuate, palo bobo	Fo, Le	2
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console	Garambullo	Fo, Al	2
<i>Erythrina americana</i> Mill.	Colorín	Fo, Le	2
<i>Pachycereus marginatus</i> (DC.) Britton & Rose	Órgano	Fo, Le	2
<i>Condalia microphylla</i> Cav.	Granjeno	Fo, Al,	2
<i>Ferocactus histrix</i> (DC.) G. E. Linds.	Guamishi	Fo, Al	2
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	Quelite	Fo, Al	2
<i>Portulaca oleracea</i> L.	Verdolaga	Fo, Al	2
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	Zacate rosado	Fo	1
<i>Urtica dioica</i> L.	Ortiga	Fo	1
<i>Solanum glaucophyllum</i> Desf.	Duraznillo	Fo	1
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltdl.	Malva	Fo	1
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	Zacate burrero	Fo	1

Fo = forrajero, Al = alimento humano, Ba = bebida alcohólica, Re = reforestación, Ce = control de erosión, So = sombra, Le = leña, Ca = carbón, Me = medicinal, ETN = etnoveterinario, He = herramientas, Co = construcción, Mel = melífera, Po = postes.

4.5.3 Estimación de la importancia cultural de las especies forrajeras nativas por medio del índice propuesto por Tardío y Pardo (2008)

Con la información recabada de las entrevistas semiestructuradas aplicadas a los productores y pobladores de la localidad de Santa Bárbara, se procedió a estimar los índices de importancia cultural mediante el índice propuesto por

Tardío & Pardo (2008), el cual toma en cuenta los reportes de uso por especie y el número de informantes (Cuadro 3).

Cuadro 3. Importancia forrajera de las especies nativas que existen en los agostaderos del ejido Cadereyta Santa Bárbara obtenidos mediante el Índice Cultural para cada especie (ICe).

Nombre científico	CATEGORÍAS DE USO														RU ICe	
	Fo	Al	Ba	Re	Ce	So	Le	Ca	Med	ETN	He	Co	Mel	Po		
<i>Prosopis laevigata</i> Humb. & Bonpl.	50	37				12	29	1	7					1	137	2.74
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	30	12	24		2		2					1			71	1.42
<i>Opuntia</i> sp. Mill.	33	32	1				4								70	1.4
<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd.	16					2	13	4					1		36	0.72
<i>Zaluzania augusta</i> Pers.	16						2				13				31	0.62
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	11	1		1			2		4	4					23	0.46
<i>Leucaena leucocephala</i> (Lam.) de Wit,	10	4					4								18	0.36
<i>Mimosa aculeaticarpa</i> var. <i>biuncifera</i> (Benth.)	10						7							1	18	0.36
<i>Amaranthus hybridus</i> L.	7	7													14	0.28
<i>Dalea bicolor</i> Willd.	5						1				5				11	0.22
<i>Lysiloma acapulcense</i> (Kunth) Benth.	5						5					1			11	0.22
<i>Schinus molle</i> L.	5	2				2	1								10	0.2
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	3	3										3			9	0.18
<i>Ferocactus hirtix</i> (DC.) G.E.Linds.	4	4													8	0.16
<i>Myrtillocactus geometrizans</i> (Mart. ex Pfeiff.) Console	2	2													4	0.08
<i>Cylindropuntia imbricata</i> (Haw.) F. M. Knuth	2						1							1	4	0.08
<i>Portulaca oleracea</i> L.	2	2													4	0.08
<i>Ipomea murucoides</i> Roem. & Schult.	1						1								2	0.04
<i>Condalia microphylla</i> Cav.	1	1													2	0.04
<i>Anoda cristata</i> (L.) Schltld.	2														2	0.04
<i>Erythrina americana</i> Mill.	1						1								2	0.04
<i>Pachocereus marginatus</i> (DC.) Britton & Rose	1						1								2	0.04
<i>Melinis repens</i> (Willd.) Zizka	1														1	0.02
<i>Urtica dioica</i> L.	1														1	0.02
<i>Solanum glaucophyllum</i> Desf.	1														1	0.02
<i>Eleusine indica</i> (L.) Gaertn.	1														1	0.02
Otras especies	1														50	1

Fo = forrajero, Al = alimento humano, Ba = bebida alcohólica, Re = reforestación, Ce = control de erosión, So = sombra, Le = leña, Ca = carbón, Me = medicinal, ETN = etnoveterinario, He = herramientas, Co = construcción, Mel = melífera, Po = postes, RU = reportes de uso, ICe = índice de importancia cultural.

Las especies vegetales con mayor importancia cultural fueron: *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst. (ICe = 2.74), *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck (ICe = 1.42), *Opuntia* sp. Mill (ICe = 1.40), *Acacia farnesiana*

(L.) Willd. (ICe = 0.72), *Zaluzania augusta* Pers. (ICe = 0.62), *Eysenhardtia polystachya* Ortega Sarg. (ICe = 0.46), *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* Benth. (ICe = 0.36) y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. (ICe = 0.36).

La familia botánica con mayor valor sigue siendo Fabaceae, seguida de la familia Cactaceae, apreciada por ser muy útil durante el periodo de secas. Además del uso forrajero los pobladores mencionaron 13 usos más de las plantas más importantes de uso alimenticio (Figura 7).

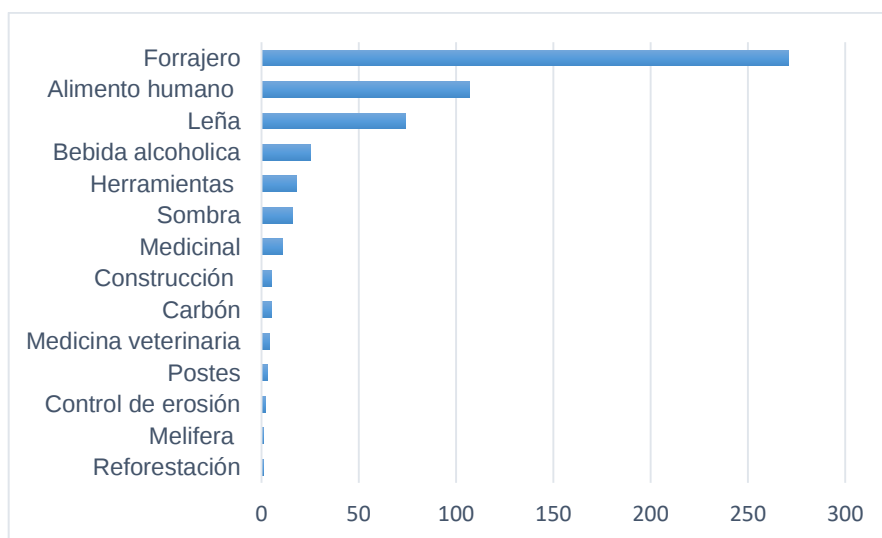


Figura 7. Reportes de uso acumulado, por categoría de uso.

4.6 Discusión

La familia botánica *Fabaceae* presentó mayor riqueza con fines forrajeros contando con ocho especies de las 26 consideradas como de excelencia forrajera en la región de estudio, lo cual coincide con el estudio realizado por Pinto (2003) en el Valle de Chiapas; este trabajo contempló el conocimiento local de las especies utilizadas en la alimentación ganadera, se destacaron 14 especies arbóreas, de 65, siendo la familia *Fabaceae* la más importante. Estas especies fueron evaluadas por sus características nutricionales, componentes fenólicos, degradabilidad y preferencia por el animal (Pinto, 2003).

La especie arbórea que presenta mayor índice cultural es el mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.) obteniendo el mayor número de menciones y de usos, por lo que el índice de importancia cultural fue el más alto con ambas metodologías de estimación (Figuerola-Solano, 2000; Tardío & Pardo, 2008). Es una especie que los pobladores de la región consideran de gran importancia porque de ella obtienen forraje para sus animales, alimento, leña, postes, entre otros usos. Hernández (2021) menciona al mezquite como uno de los árboles más utilizados en la localidad de Santa Bárbara y su principal uso es forrajero. De igual modo, Rodríguez-Sauceda *et al.* (2014) mencionan que el árbol de mezquite es considerado de gran valor por que se usan todos sus componentes, las flores para la producción de miel, la resina o goma es para barnices y pegamentos, el tronco como madera, leña y postes para la construcción, las vainas como alimento humano y forraje para el ganado, las hojas y ramas dan sombra al ganado, las raíces retienen suelo y fijan nitrógeno al mismo tiempo.

La segunda especie arbórea con mayor IIC y tercera en ICe es *Eysenhardtia polystachya* Ortega Sarg. De acuerdo con información proporcionada por Palma-García y Torres-Rivera (2020), esta especie presenta alta palatabilidad para venados, caprinos y bovinos, y los análisis reportan que, *E. polystachya*, presenta 60 % de digestibilidad de la materia seca (considerada de moderada a alta), energía metabolizable de 2.64 Mcal kg⁻¹ MS y contiene arriba de 20 % de proteína cruda. A su vez, García-Núñez y Sánchez-Vélez (2016) mencionan que este árbol es altamente apreciado como forraje para las especies de rumiantes que consumen tallos y hojas tiernas y puede ser utilizado en tecnologías agroforestales como; árboles dispersos, bancos de proteína y cercos vivos.

La tercera especie con mayor IIC y segunda en ICe es, (*Acacia farnesiana* (L.) Willd., especie es utilizada como forraje en las regiones áridas y semiáridas de México (Barrientos-Ramírez *et al.*, 2012). Sus vainas tienen gran valor

nutrimental al aportar proteína a la dieta del ganado, principalmente en la temporada de estiaje (Velázquez *et al.*, 2005).

En cuarto lugar, para ambos índices se ubicó la *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit., la cual es una arbórea que se usa para la ganadería bovina y en los sistemas agroforestales. En sistemas silvopastoriles *L. leucocephala* ha mostrado incremento de la producción animal, principalmente cuando se incluye como árboles dispersos, bancos forrajeros y sistemas silvopastoriles intensivos, esto debido a su adaptación, productividad y múltiples usos (Martínez-Hernández *et al.*, 2019).

Las arbustivas con mayores índices IIC y ICe que ocuparon el primero y segundo lugar fueron: limpia tuna o castendoni (*Zaluzania augusta* Pers.) y uña de gato o shasni (*Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* Benth).

En época de secas, los agaves y cactáceas forman parte importante de la dieta del ganado, teniendo así un índice de importancia alto el *Agave salmiana* Otto ex Salm-Dyck y *Opuntia* sp. Mill.

Las especies forrajeras que tuvieron mayor índice de importancia cultural son árboles y arbustos. Esto concuerda con lo plateado en la investigación de Tardío & Pardo (2008), en la cual, los autores señalan que las plantas consideradas más complejas (árboles y arbustos) tienen mayor probabilidad de ser reconocidas como de mayor utilidad.

4.7 Conclusiones

En la localidad de Santa Bárbara se identificaron 26 especies consideradas como forrajeras, destacando aquellas pertenecientes a la familia Fabaceae. Las especies forrajeras con mayor importancia cultural son las arbóreas *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst., *Eysenhardtia polystachya* Ortega Sarg., *Acacia farnesiana* (L.) Willd. y *Leucaena leucocephala* Lam. de Wit, las arbustivas con mayor índice de importancia cultural son *Zaluzania augusta* Pers. y *Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera* Benth. Para el caso de las

herbáceas, los productores no hacen distinción entre ellas, aunque destacan algunas especies pertenecientes a la familia Graminae. Es de suma importancia tomar en cuenta el conocimiento local de las especies y considerar ese conocimiento al momento de implementar sistemas agroforestales, ya que al involucrar a los productores en la toma de decisiones hace que ellos se apropien de las tecnologías creando sentido de pertenencia y con ello, el sistema no solo quede en fase de implementación, sino que se haga el seguimiento por los beneficiarios.

Con la información obtenida de las encuestas se logró seleccionar aquellas especies con mayor potencial forrajero e índice de importancia cultural, para implementarlas en sistemas silvopastoriles con las tecnologías de arreglos en árboles dispersos, pasturas en callejones, bancos forrajeros o sistemas silvopastoriles intensivos, utilizando los tres estratos (arbóreo, arbustivo y herbáceo). Las especies seleccionadas fueron, *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst., *Eysenhardtia polystachya* Ortega Sarg. y *Acacia farnesiana* (L.) Willd., lo cual fue consultado con los productores mediante planeación participativa. En cuanto a las especies herbáceas, se seleccionaron aquellas consideradas de excelencia forrajera para la zona, *Cenchrus ciliaris* L. y *Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.

4.8 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo del presente trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y a los productores de la comunidad de Santa Bárbara por la colaboración en la presente investigación.

4.9 Literatura citada

Barrea A. V. (2014). *Importancia cultural de especies arbóreas nativas en la Selva Lacandona, Chiapas*. (Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados campus Montecillo. Texcoco Edo. Méx.).

- Barrientos-Ramírez, L., Vargas-Radillo, J. J., Rodríguez-Rivas, A., Ochoa-Ruíz, H. G., Navarro-Arzate, F. y Zorrilla, J., (2012). Evaluación de las características del fruto de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) para su posible uso en curtiduría o alimentación animal. *Madera y Bosques*. 18 (3), 23-35.
- Figueroa-Solano, E. (2000). *Uso agroecológico, actual y potencial, de especies arbóreas en una selva baja caducifolia perturbada del suroeste del Estado de México*. (Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México).
- García-Núñez, R.M. y Sánchez-Vélez, A. (2016). *Árboles y arbustos de uso múltiple con potencial agroforestal en el Sureste de Guanajuato*. En F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, J. Quiroz y R. García (eds.) Química, Biología y Agronomía. Handbook T-I. - ©ECORFAN, Texcoco de Mora-México. Pp. 115-125.
- Hernández, O. E. (2021). *Valor cultural de mezquite (Prosopis sp.) como árbol de usos múltiples en el ejido Santa Bárbara*. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México).
- Herrera-Flores, B. G., Santos-Fita, D., Naranjo, E. J. y Hernández-Betancourt, S. F. (2019). Importancia cultural de la fauna silvestre en comunidades rurales del norte de Yucatán, México. *Península*, 14 (2), 27-55.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2009). Biblioteca digital de mapas. Serie VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Levy, T. S. I. y Aguirre, R. J. R. 1999. Conceptuación etnobotánica (experiencia de un estudio en la Lacandona). *Revista de Geografía Agrícola*. 29, 83-114.
- Martínez-Hernández, P. A., Cortés-Díaz, E., Purroy-Vásquez, R., Palma-García, J. M., Del Pozo-Rodríguez, P. P. y Vite-Cristóbal, C. (2019). *Leucaena leucocephala* (LAM.) de Wit especie clave para una producción bovina sostenible en el trópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22(2), 331-357.
- Palma-García J. M. y Torres-Riviera. A., (2020). Recursos arbóreos y arbustos tropicales para una ganadería sustentable II. Sistema Editorial Electrónico PRED. Universidad de Colima. Colima, México. Pp.127
- Pinto, R. (2003). Árboles y arbustos con potencial forrajero del Valle Central de Chiapas. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 2(2), 99.
- Rodríguez-Sauceda, E. N., Rojo Martínez, G. E., Ramírez Valverde, B., Martínez Ruiz, R., Cong Hermida, M de la C., Medina Torres, S. M. y Piña Ruiz, H.H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) EN MÉXICO. *Ra Ximhai*. 10 (3), 173-193.

- SEDESOL (Secretaria de Desarrollo Social). (2010). *Catálogo de localidades: Caderyta de Montes*.
<http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=22&mun=004>
- Tardío, J. & Pardo De S. M. (2008). Cultural Importance Indices: A Comparative Analysis Based on the Useful Wild Plants of Southern Cantabria (Northern Spain). *Economic Botany*. 62(1), 24-39.
- Velázquez, A., J., Perezgrovas, G., R., Velasco, Z. M. E., Zaragoza, M. L. y Rodríguez, G. G. (2005). Evaluación de vainas de quebracho (acacia farnesiana) en alimentación de ganado lanar. *Archivos de Zootecnia*. 54 (206-207), 535-540.

5 SISTEMAS SILVOPASTORILES PARA LA RECUPERACIÓN DE AGOSTADEROS EN EL EJIDO SANTA BÁRBARA, CADEREYTA, QUERÉTARO.

5.1 Resumen

El establecimiento de sistemas silvopastoriles en la localidad Santa Bárbara, resultó ser exitoso a pesar de las condiciones propias del semiárido gracias a las aportaciones de los productores (conocimiento local), el periodo de implementación de las tecnologías agroforestales y a la información recabada de las especies vegetales de uso múltiple seleccionadas en las monografías, ya que en ellas mencionan que para obtener un mayor porcentaje de supervivencia el método de reproducción que se reporta tiene más efectividad es reproducción por planta de vivero, acompañadas de obras de conservación de suelo y agua. Las especies vegetales seleccionadas para ser implementadas fueron: guaje (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.), mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.), huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.), banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) y buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Las cuales se establecieron en dos tecnologías silvopastoriles “pasturas en callejones y árboles dispersos”, en las cuales se evaluó supervivencia, altura y diámetro. Para la tecnología silvopastoril “pasturas en callejones”. Los resultados indican que, en el caso de las arbóreas las que demuestran tener mayor supervivencia y adaptabilidad son las especies guaje (*L. leucocephala*) con 97 % de supervivencia, seguida del huizache (*A. farnesiana*) con supervivencia del 90 % dejando al mezquite (*P. laevigata*). En tercer lugar con 81 %, para los parámetros altura y diámetro de plántulas, el mezquite (*P. laevigata*) presenta el mayor incremento en altura con 12.30 cm, seguida del guaje (*L. leucocephala*) con 11.49 cm y dejando en tercer lugar al huizache (*A. farnesiana*) con 10.2 cm. En cuanto al parámetro de engrosamiento el guaje (*L. leucocephala*) es la que presentó los mayores incrementos seguida del huizache (*A. farnesiana*) dejando en tercer lugar al mezquite (*P. laevigata*). En el caso de los pastos la especie que demostró mejor adaptabilidad es el pasto buffel (*C. ciliaris*), con un grado de adaptación bueno y germinación de entre 50 a 75 %. Para la tecnología silvopastoril “árboles dispersos”, se evaluó supervivencia de dos especies arbóreas guaje (*L. leucocephala*) y mezquite (*P. laevigata*), teniendo que la especie arbórea que obtuvo mayor porcentaje de supervivencia es el guaje (*L. leucocephala*) con un 87 % mientras que el mezquite (*P. laevigata*) obtuvo 76 %, mostrando que estas especies tienen un alto potencial para ser utilizadas en estrategias de conservación y sistemas silvopastoriles en la localidad Santa Bárbara.

Palabras clave: especies vegetales de uso múltiple, pasturas en callejones, árboles dispersos, supervivencia, diámetro y altura de plántulas.

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Lizbeth Yadira Sánchez Rebollar

Director: Alejandro Lara Bueno

Silvopastoral systems for the recovery of rangelands in the Santa Bárbara ejido, Cadereyta, Querétaro

5.2 Abstract

The establishment of silvopastoral systems in the Santa Barbara locality was successful in spite of the semi-arid conditions, thanks to the contributions of the producers (local knowledge), the period of implementation of the agroforestry technologies and the information gathered from the multiple use plant species selected in the monographs, since they mention that in order to obtain a higher percentage of survival, the most effective reproduction method reported is reproduction by nursery plants, accompanied by soil and water conservation works. The plant species selected for implementation were: guaje (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.), mesquite (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.), huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.), banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.) and buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). These were established in two agroforestry technologies "alley pastures and scattered trees", in which survival, height and diameter were evaluated. For the silvopastoral technology "alley pastures". The results indicate that, in the case of the arboreal species, the one that shows the greatest survival and adaptability is the leucaena species (*L. leucocephala*) with 97 % survival, followed by the huizache (*A. farnesiana*) with 90% survival leaving the mesquite (*P. laevigata*) in third place with 81 %, for the parameters height and diameter of seedlings, the mesquite (*P. laevigata*) presents the greatest increase in height with 12.30 cm, followed by leucaena (*L. leucocephala*) with 11.49 cm and leaving in third place huizache (*A. farnesiana*) with 10.2 cm. Regarding the parameter of thickening, leucaena (*L. leucocephala*) is the one that presented the greatest increases, followed by huizache (*Acacia farnesiana*), leaving mesquite (*P. laevigata*) in third place. In the case of grasses, the species that showed the best adaptability was buffel grass (*C. ciliaris*), with a good degree of adaptation and germination between 50 and 75 %. For the silvopastoral technology "dispersed trees", survival of two tree species, leucaena (*L. leucocephala*) and mesquite (*P. laevigata*), was evaluated. The tree species that obtained the highest percentage of survival was leucaena (*L. leucocephala*) with 87 % while mesquite obtained 76 %, showing that these species have a high potential to be used in conservation strategies and silvopastoral systems in the locality of Santa Bárbara.

Key words: multiple-use plant species, alley pastures, scattered trees, survival, diameter and height of seedlings.

5.3 Introducción

Los sistemas ganaderos tradicionales se basan principalmente en monocultivos y pastoreo extensivo, en los cuales se eliminan los componentes; arbóreo y arbustivo, desmontando grandes extensiones de terreno lo que contribuye al deterioro y pérdida de fertilidad del suelo, contaminación del agua, pérdida de la diversidad, desertificación, pérdida de carbono en el suelo, trayendo consigo graves problemas de erosión, afectando la dinámica de las comunidades biológicas y liberando carbono a la atmosfera. Por estas razones se considera que la ganadería extensiva impacta negativamente la conservación y mantenimiento de los ecosistemas, por lo cual se buscan alternativas de manejo en las que se trabaje de manera integral con los animales, árboles, arbustos y pastos, sin perjudicar el medio que los rodea y que al mismo tiempo el sistema sea productivo; una herramienta útil para lograr ese objetivo son los sistemas silvopastoriles, en este caso se emplearon dos tecnologías silvopastoriles. Los diseños silvopastoriles “pasturas en callejones” y “árboles dispersos” son ampliamente utilizados en el ámbito ganadero con el propósito de promover la producción de forraje para el ganado y conservar la productividad de las tierras de pastoreo mejorando la calidad del suelo al reducir significativamente los procesos de erosión. Estos sistemas silvopastoriles, permiten el ciclaje de nutrientes, atraen polinizadores, crean el hábitat adecuado para el desarrollo de la flora y fauna silvestre permitiendo y facilitando el movimiento de la fauna silvestre, además de tener mayor control en los tiempos de pastoreo para tener alimento en la época de secas, cuando la producción de pastos disminuye. De esta manera, las arbóreas y arbustivas en los potreros y agostaderos dan forraje en tiempo de estiaje, ofrecen múltiples servicios ambientales, además de diversificar la producción y ayudar a la regulación hídrica (Navas, 2016; Cortez, 2012; Tobar e Ibrahim, 2008). Con base en lo anterior, el objetivo del presente estudio fue establecer un sistema silvopastoril con pasturas en callejones para determinar la sobrevivencia y

adaptación de tres especies arbóreas (*Prosopis laevigata*, *Acacia farnesiana* y *Leucaena leucocephala*) y dos pastos forrajeros (*Cenchrus ciliaris* y *Bouteloua curtipendula*) en agostaderos del semiárido queretano.

5.4 Materiales y Métodos

5.4.1 Área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la localidad de Santa Bárbara, municipio Cadereyta de Montes, Querétaro. El área estudiada forma parte de la región semiárida de Querétaro; con las siguientes coordenadas 20° 34' y 21° 01' latitud norte y 99° 23' y 99° 52' longitud oeste; con altitudes que van de los 800 a 3 200 msnm (INEGI, 2009). Santa Bárbara es un poblado rural con 809 habitantes y 168 viviendas, considerada con alto grado de marginación (SEDESOL, 2010). El clima es del tipo BS1kw, semiárido templado, con 400 mm de precipitación media anual, con régimen de lluvias en verano, presentando escasa lluvia invernal; con temperatura media anual que oscila entre 12 °C y 18 °C, alcanzando 38 °C en el mes de mayo y descendiendo drásticamente entre -3 °C y 18 °C en el mes de diciembre (INEGI, 2009). Los pobladores de la localidad se dedican a la agricultura, la ganadería y jornaleros.

5.4.1 Selección de especies vegetales con potencial forrajero

Para la selección de las especies forrajeras a implementar en los sistemas silvopastoriles se tomaron en cuenta dos aspectos importantes:

Valor de importancia cultural. Este fue asignado, después de realizar encuestas a los pobladores y productores de la región de estudio. Con base en la información obtenida en las encuestas las especies arbóreas con mayor índice de importancia cultural fueron: mezquite (*Prosopis laevigata*), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), huizache (*Acacia farnesiana*) y guaje (*Leucaena leucocephala*). Adicionalmente se seleccionaron las especies forrajeras herbáceas de acuerdo con la información obtenida en la literatura y las que son

reconocidas como de excelencia forrajera para la región de estudio: zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) y pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*)

Disponibilidad de planta y semilla. Una vez seleccionadas las especies por medio del índice de importancia cultural, se procedió a verificar la disponibilidad de la planta en el vivero de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario más cercano, obteniendo mezquite (*Prosopis laevigata*), huizache (*Acacia farnesiana*) y guaje (*Leucaena leucocephala*).

En el caso de los pastos, las especies se seleccionaron de acuerdo con lo reportado en la literatura, así como las especies herbáceas forrajeras que son consideradas de excelencia en la región de estudio, asimismo, se tomó en cuenta la disponibilidad de semilla en la región. De este modo, los pastos seleccionados fueron: zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) y pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*).

5.4.2 Selección de sitios

Para la selección de sitios de siembra de las arbóreas y los pastos seleccionados se tomaron en cuenta diversos aspectos, entre ellos: densidad del arbusto invasor uña de gato (*Mimosa aculeaticarpa* var. *biuncifera*), profundidad del suelo, exposición al sol, pendiente y la opinión de expertos (productores y asesores) (Figura 8). Los sitios experimentales quedaron dentro del área que los productores destinaron para el presente estudio, la cual fue delimitada con alambre de púas y excluida al pastoreo del ganado.



Figura 8. Selección de los sitios experimentales para el establecimiento de las arbóreas y pastos con ayuda de productores y asesores.

5.4.3 Obtención de plantas

Una vez seleccionadas las especies arbóreas, éstas fueron donadas por el vivero de San Juan de la Rosa, a través de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del estado de Querétaro (Figura 9).

Se obtuvieron en donación 250 individuos por especie para realizar el trasplante



en las mejores condiciones, una vez transcurrido el periodo de endurecimiento.

Figura 9. Obtención de plantas del Vivero San Juan de la Rosa, Cadereyta, Querétaro.

5.4.4 Tratamiento antes de la plantación

En el vivero las plantas no recibieron fertilización previa, solo se mantuvieron sin malezas y se realizaron riegos cada tercer día; las plántulas son producidas en bolsas a cielo abierto con barrera rompevientos y sombra parcial emitida por la copa de los árboles. La semilla fue colectada de árboles padre ubicados en los alrededores.

El periodo de endurecimiento de los brinzales consistió en colocar las plantas directamente al sol y a la acción del viento, se disminuyeron los riegos a dos veces por semana y, posteriormente a una vez por semana, tarea que se realizó en conjunto con los productores, principalmente los señores Pablo Mateo Maqueda y Abraham Alvarado García.

5.4.5 Diseño e implementación de las tecnologías silvopastoriles

Se implementaron dos tecnologías silvopastoriles de acuerdo con las condiciones del terreno; pasturas en callejones y árboles dispersos en los potreros.

Para la primera tecnología de pasturas en callejones se establecieron las arbóreas en líneas de 20 m de largo con separación entre árboles de 2 m, estableciendo una hilera de mezquites (*Prosopis laevigata*), otra de huizaches (*Acacia farnesiana*) y otra más de guaje (*Leucaena leucocephala*), con calles de 10 m entre las líneas de árboles; mientras que las semillas de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) y pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) se sembraron intercalados en los callejones (Figura 10).

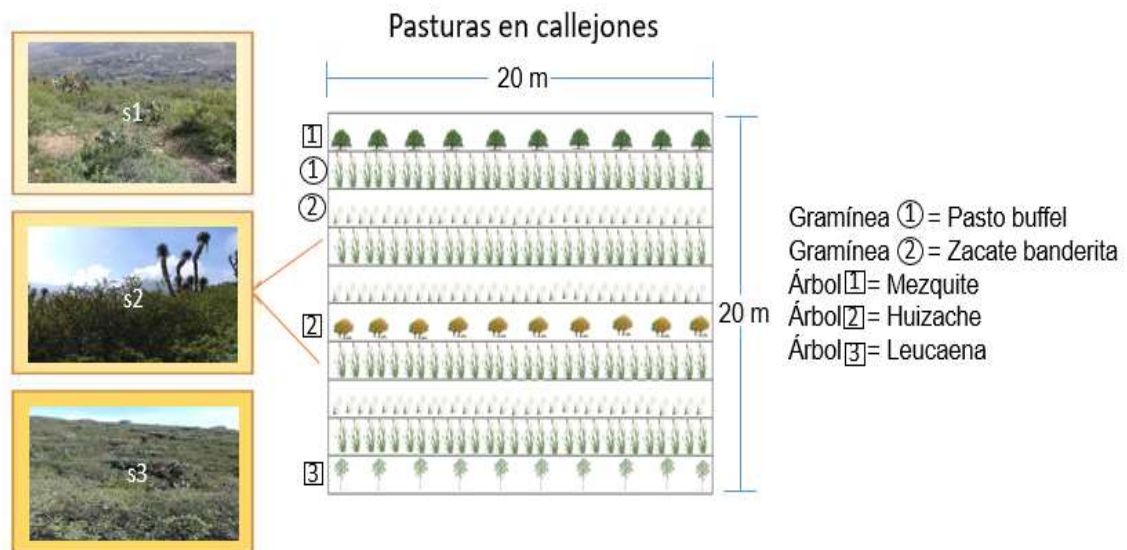


Figura 10. Esquema del diseño experimental con arreglo silvopastoril en pasturas en callejones.

La implementación de las tecnologías silvopastoriles comenzó con la delimitación del área experimental; para ello, se utilizó alambre de púas con el

propósito de excluir la presencia del ganado para permitir el correcto establecimiento de las especies forrajeras a evaluar (Figura 11).



Figura 11. Proceso de delimitación del potrero experimental.

Una vez delimitado el terreno se seleccionaron los sitios en los cuales se establecieron las especies forrajeras mediante el diseño agroforestal “pasturas en callejones”. Con este diseño agroforestal se seleccionaron tres sitios a trabajar dentro del potrero asignado, en los cuales se realizó limpieza y desmonte con apoyo de los propios productores. El trazo en cada línea de árboles se realizó siguiendo las curvas a nivel con el propósito de disminuir la erosión del suelo; de esta manera, sobre el nivel de cada línea arbórea se cavaron las cepas para la plantación de las especies arbóreas seleccionadas, de igual modo se trazó y construyó una terraza en el centro de uno de los sitios a trabajar (Figura 12). Para el caso de la tecnología agroforestal “árboles dispersos” se trató de imitar el paisaje en todo el terreno asignado seleccionando aquellas áreas en las cuales la presencia de árboles era escasa, considerando espaciamientos entre planta de mínimo 4 m. La instalación de ambas tecnologías agroforestales se llevó a cabo una semana después de haber iniciado el periodo de lluvias.



Figura 12. Limpieza de terreno, apertura de cepas, construcción de terraza y siembra de pasto, para el diseño silvopastoril de “pasturas en callejones”.

5.4.5.1 Plantación

Ambas tecnologías se establecieron después de registrarse las primeras lluvias de la temporada, esto con la finalidad de asegurar humedad suficiente en el suelo para lograr el establecimiento de las especies vegetales seleccionadas. En ambas tecnologías, se busca que ofrezcan diversos servicios, entre ellos: retención de suelo, forraje, sombra para el ganado, fruto y leña, por ello las especies utilizadas son multipropósitos.

Para la plantación la profundidad a la que se cavaron las cepas dependió de las condiciones del terreno ya que en las parte alta y media se presentaba mayor pedregosidad que en la parte baja, las profundidades de siembra fueron de 30 a 40 cm aproximadamente.

En el caso de los pastos la siembra fue al voleo, tratando que la profundidad de siembra no fuera mayor a 1 cm, esto de acuerdo a la ficha técnica de cada una de las semillas.

Variables evaluadas en ambas tecnologías agroforestales

Porcentaje de supervivencia. La supervivencia fue evaluada por especie arbórea tomando en cuenta todos los árboles plantados.

Altura. Las alturas de cada brinjal fueron obtenidas con ayuda de un flexómetro y la medición se efectuó desde el nivel del suelo hasta la hoja más grande.

Diámetro del tallo. Para obtener esta medida se utilizó un flexómetro y la medición se efectuó a 2.54 cm del suelo.

Una vez plantados los árboles de la tecnología agroforestal “pasturas en callejones” se tomaron las medidas de establecimiento, posteriormente se realizaron las medidas de seguimiento las cuales se muestran en el siguiente Cuadro 4.

Cuadro 4. Periodos de toma de datos de las arbóreas plantadas mediante la tecnología agroforestal “pasturas en callejones”.

Periodo o tiempo	Fecha	Días transcurridos entre periodos	Días acumulados
Establecimiento	02-jun-21	0	0
Tiempo de 0-60	24-jul-21	52	52
Tiempo de 60-120	26-sep-21	64	116
Tiempo de 120-180	29-nov-21	64	180

Se tomaron las medidas de altura y diámetro por especie arbórea en el momento del establecimiento, las cuales se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Promedios de altura y diámetro de las especies arbóreas al momento del establecimiento.

Especie	Altura (cm)	Diámetro (cm)
Huizache	23.800 ±1.33	0.200±0.02
Mezquite	11.867 ±1.33	0.207 ±0.02
Leucaena	35.700 ±1.33	0.577 ±0.02

5.4.6 Diseño experimental y análisis de datos

El diseño experimental usado fue completamente al azar donde la unidad experimental fue cada árbol trasplantado de cada una de las especies arbóreas seleccionadas.

Las variables estimadas fueron: sobrevivencia de cada especie, altura, diámetro basal del tallo y tasa de crecimiento del brinjal dentro de cada especie arbórea.

El modelo que se utilizó para el análisis estadístico de los datos obtenidos fue:

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + T_j + (E \times T)_{ij} + A_k + e_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Valor medido en el período j y la especie arbórea i para el árbol k

μ = Media general.

E_i = Efecto fijo de las especies arbóreas (i = huizache, mezquite, leucaena).

T_j = Efecto fijo del tiempo dentro de tres mediciones de crecimiento (j = tiempo 1: 0–60, tiempo 2: 60–120 y tiempo 3: 120–180 días).

$(E \times T)_{ij}$ = Efecto fijo de la interacción entre especie arbórea y tiempo de medición.

A_k = Efecto aleatorio de árboles dentro de la especie arbórea ($k = 1, 2, 3, \dots, 30$)

e_{ijk} = Error residual aleatorio.

Se realizó la prueba de normalidad a todas las variables medidas mediante el procedimiento UNIVARIANTE de SAS (2017). Se verificaron diferentes estructuras de varianza-covarianza para ajustarse al modelo estadístico, y la estructura de simetría compuesta mostró el mejor ajuste según los criterios de los valores más bajos de BIC y AIC. Las medias de altura del brinzal y diámetro del tallo se compararon mediante la prueba de Tukey y se consideraron diferencias significativas cuando $p \leq 0.05$. Las medias de sobrevivencia se compararon con la prueba de ji-cuadrada.

Adicionalmente se realizaron análisis para estimar la tasa de crecimiento y engrosamiento de las especies arbóreas. El modelo utilizado fue el siguiente:

$$y_{ijkl} = \beta_{0i} + \beta_{1i}t_{ijk} + \alpha_{0ij} + \alpha_{1ij}t_{ijk} + e_{ijkl}$$

Donde:

y_{ijkl} es el $l^{\text{ésimo}}$ registro de altura, proporcionado por el $j^{\text{ésimo}}$ árbol, asignado a la $i^{\text{ésima}}$ especie arbórea, tomado en el $k^{\text{ésimo}}$ día del muestreo.

β_{0i} y β_{1i} son, respectivamente, los coeficientes para el intercepto y la pendiente lineal, del $j^{\text{ésimo}}$ árbol, en la $i^{\text{ésima}}$ especie arbórea, de la regresión fija de altura del árbol sobre tiempo.

α_{0ij} y α_{1ij} son, respectivamente, los coeficientes, para el intercepto y la pendiente lineal, del j -ésimo árbol en la i -ésima especie arbórea, de la regresión aleatoria de altura del árbol sobre tiempo.

e_{ijkl} Error residual aleatorio.

En el caso de las herbáceas como pasturas en callejones, se realizó medición de parámetros utilizando la metodología de Toledo y Schultze-Kraft (1982), la cual consiste en realizar las mediciones de manera visual (método no destructivo), donde se anotaron porcentaje de germinación a los 45 días (1 = 0 germinación, 2 = <25 %, 3 = >25 % y <50 %, 4 = >50 % y <75 % y 5 = >75 %), grado de adaptación (E = excelente, B = bueno C = regular y M = malo) y número de plantas por m lineal para el caso de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) que fue el mejor adaptado, mientras que para el pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) se realizó el conteo de plantas en los 20 m lineales establecidos.

En la segunda tecnología agroforestal establecida como “árboles dispersos en potreros” se trató de imitar el paisaje del terreno asignado seleccionando las áreas en las cuales la presencia de árboles era escasa. Las especies arbóreas seleccionadas para esta tecnología fueron mezquite (*Prosopis laevigata*) y guaje (*Leucaena leucocephala*). Al momento de la implementación no se tuvo ningún tipo de arreglo forestal, solamente se puso especial cuidado en que las arbóreas quedaran a más de 4 m de distancia. Para el análisis de la efectividad de esta tecnología se tomaron datos de supervivencia durante 180 días a partir de la fecha de plantación tomando a ésta como supervivencia inicial.

5.5 Resultados

El análisis de los datos se realizó de manera separada para cada una de las tecnologías implementadas, teniendo como resultados lo siguiente:

5.5.1 Evaluación de características de supervivencia y adaptación de especies arbóreas establecidas en pasturas en callejones

En el Cuadro 6 se presenta el comportamiento de las tres especies arbóreas seleccionadas en cuanto a los parámetros supervivencia, altura de la planta y

diámetro del tallo. En el parámetro supervivencia el guaje (*Leucaena leucocephala*) es la que presentó mayor porcentaje (97 %), seguida del huizache (*Acacia farnesiana*) (90 %) y quedando en tercer lugar el mezquite (*Prosopis laevigata*) con un 81 %.

En cuanto al parámetro altura, el mezquite (*Prosopis laevigata*) con 12.30 cm presentó el mayor incremento en el crecimiento después del establecimiento, seguida del guaje (*Leucaena leucocephala*) con 11.49 cm y en tercer lugar al huizache (*Acacia farnesiana*) con 10.2 cm. Para la variable engrosamiento de la base del tallo el guaje (*Leucaena leucocephala*) es la que presentó los mayores incrementos seguida del huizache (*Acacia farnesiana*) dejando en tercer lugar al mezquite (*Prosopis laevigata*).

Es decir, para el parámetro altura y diámetro de la base del tallo las plantas obtuvieron diferencias significativas entre las tres especies ($p \leq 0.05$).

Cuadro 6. Promedios de altura y diámetro de la base del tallo (inicial y final) por especie arbórea en un periodo de 180 días.

	Especie arbórea			Valor <i>p</i>
	Huizache	Mezquite	Leucaena	
Altura inicial, cm	23.800 ^b ±1.33	11.867 ^c ±1.33	35.700 ^a ±1.33	<0.001
Altura Final, cm	34.000 ^b ±1.34	24.174 ^c ±1.34	47.190 ^a ±1.34	<0.001
Diámetro inicial, cm	0.200 ^b ±0.02	0.207 ^b ±0.02	0.577 ^a ±0.02	<0.001
Diámetro final, cm	0.344 ^b ±0.03	0.333 ^b ±0.03	0.765 ^a ±0.03	<0.001
Sobrevivencia total, %	90.00 ^{ab} ±4.67	81.11 ^b ±4.67	96.67 ^a ±4.67	0.004

^{abc} medias con diferente literal en cada columna muestran diferencias significativas entre especies arbóreas ($p \leq 0.05$).

En el Cuadro 7. Se observa que en cuanto al incremento en la variable altura la especie que presentó mayor crecimiento en el primer y segundo periodo de medición fue el mezquite (*Prosopis laevigata*), mientras que en el tercer periodo la especie que presentó mayor incremento en este parámetro fue el guaje (*Leucaena leucocephala*), con diferencias significativas ($p < 0.10$).

Cuadro 7. Crecimiento de las tres especies arbóreas en un periodo de 180 días a partir del establecimiento en un sistema silvopastoril en pasturas en callejones.

	Especie arbórea			Valor p
	Huizache	Mezquite	Leucaena	
Altura 0-60 días, cm	5.3778 $\pm$ 0.81 ^{A, a}	6.4800 $\pm$ 0.84 ^{A, a}	5.4207 $\pm$ 0.78 ^{A, a}	0.3467
Altura 60-120 días, cm	3.6806 $\pm$ 0.81 ^{A, a}	4.2969 $\pm$ 0.86 ^{A, a}	2.9741 $\pm$ 0.78 ^{B, a}	0.5312
Altura 120-180 días, cm	1.8750 $\pm$ 0.81 ^{B, a}	2.3828 $\pm$ 0.86 ^{B, a}	4.0500 $\pm$ 0.84 ^{A, a}	0.0642
Valor p	0.0025	0.0119	0.0280	

^{AB}: medias con diferente literal dentro de cada hilera muestran diferencias ($p < 0.05$). ^{a b} medias con diferente literal en cada columna muestran diferencias ($p < 0.05$). **: medias con tendencia a ser estadísticamente significativas ($p < 0.10$). ^Y: Error estándar de la media. ^X: Probabilidad estadística en hileras. ^W: Probabilidad estadística en columnas.

El Cuadro 8, se muestra el comportamiento de las tres arbóreas para el de engrosamiento basal del tallo de tres especies de árboles forrajeros. La especie arbórea que presentó mayor engrosamiento del tallo durante el primer y tercer periodo de medición es el huizache (*Acacia farnesiana*), mientras que en el segundo periodo fue la leucaena (*Leucaena leucocephala*).

Cuadro 8. Engrosamiento de las tres especies arbóreas en un periodo de 180 días establecidas en un sistema silvopastoril con pasturas en callejones.

	Especie arbórea			Valor p
	Huizache	Mezquite	Leucaena	
Diámetro 0-60 días, cm	0.0533 $\pm$ 0.022 ^{A, a}	0.0480 $\pm$ 0.016 ^{A, a}	0.0207 $\pm$ 0.015 ^{B, a}	0.1448
Diámetro 60-120 días, cm	0.0521 $\pm$ 0.016 ^{A, b}	0.0547 $\pm$ 0.017 ^{A, b}	0.1293 $\pm$ 0.015 ^{A, a}	0.0006
Diámetro 120-180 días, cm	0.0417 $\pm$ 0.016 ^{A, a}	0.0352 $\pm$ 0.017 ^{A, a}	0.0301 $\pm$ 0.015 ^{B, a}	0.7811
Valor p	0.6079	0.4182	<0.001	

^{AB}: medias con diferente literal dentro de cada hilera muestran diferentes ($p < 0.05$). ^{a b} medias con diferente literal en cada columna muestran diferencias ($p < 0.05$). **: medias con tendencia a ser estadísticamente significativas ($p < 0.10$). ^Y: Error estándar de la media. ^X: Probabilidad estadística en hileras. ^W: Probabilidad estadística en columnas.

En el Cuadro 9, se tiene el efecto de la especie arbórea en la supervivencia de los brinzales durante 180 días del establecimiento. En los tres periodos de evaluación el guaje (*Leucaena leucocephala*), destacó en porcentaje de supervivencia alcanzando el 97 % dado que solamente murió un individuo de

esta especie. Presentando en general las tres especies porcentajes altos de supervivencia, arriba del 80 %.

Cuadro 9. Porcentajes de supervivencia de las especies arbóreas en un periodo de 180 días después del trasplante en un sistema silvopastoril en pasturas en callejones.

	Especie arbórea			Valor p
	Huizache	Mezquite	Leucaena	
Sobrevivencia 0-60 días, %	90.00 $\pm$ 4.8 ^{A, ab}	83.33 $\pm$ 2.2 ^{A, b}	96.67 $\pm$ 2.2 ^{A, a}	0.0493
Sobrevivencia 60-120 días, %	90.00 $\pm$ 4.8 ^{A, ab}	80.00 $\pm$ 2.2 ^{A, b}	96.67 $\pm$ 2.2 ^{A, a}	0.0160
Sobrevivencia 120-180 días, %	90.00 $\pm$ 4.8 ^{A, ab}	80.00 $\pm$ 2.2 ^{A, b}	96.67 $\pm$ 2.2 ^{A, a}	0.0160
Valor P	1.000	0.6287	1.000	

^{AB}: medias con diferente literal dentro de cada hilera muestran diferentes ($p < 0.05$). a, b medias con diferente literal en cada columna muestran diferencias ($p < 0.05$). **: medias con tendencia a ser estadísticamente significativas ($p < 0.10$). ^Y: Error estándar de la media. ^X: Probabilidad estadística en hileras. ^W: Probabilidad estadística en columnas.

Los Cuadros 10 y 11 muestran que el guaje (*Leucaena leucocephala*) es la arbórea que presentó mayor tasa de crecimiento y engrosamiento basal del tallo, mientras que en la tasa de crecimiento le sigue el huizache (*Acacia farnesiana*) y en tasa de engrosamiento basal del tallo le sigue el mezquite (*Prosopis laevigata*).

Cuadro 10. Tasa de crecimiento de las especies arbóreas evaluadas en un periodo de 180 días establecidas en un sistema silvopastoril con pasturas en callejones.

Especie	Coeficiente de regresión (EEM) ¹		Contrastes para la igualdad de coeficientes a través de tratamientos, valor p					
			β_0			β_1		
	β_0	β_1	Huizache vs Mezquite	Huizache vs Leucaena	Mesquite vs Leucaena	Huizache vs Mezquite	Huizache vs Leucaena	Mesquite vs Leucaena
Huizache	23.742 (1.051) ^b	0.0573 (0.0052) ^b	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.001	0.1194	0.2006
Mesquite	11.794 (0.658) ^c	0.0721 (0.0050) ^a						
Leucaena	35.639 (2.191) ^a	0.0638 (0.0075) ^{ab}						

¹ Dentro de cada columna los coeficientes de regresión con distinta literal son diferentes cuando $p \leq 0.05$. EEM: error estándar del coeficiente de regresión. β_0 : altura inicial de la planta (cm); β_1 : tasa de crecimiento de la planta (cm día⁻¹).

Cuadro 11. Tasa de engrosamiento de las tres especies arbóreas evaluadas en un periodo de 180 días establecidas en un sistema silvopastoril con pasturas en callejones.

Especie	Coeficiente de regresión (EEM) ¹		Contrastes para la igualdad de coeficientes a través de tratamientos, valor p					
			β_0			β_1		
	β_0	β_1	Huizache vs Mesquite	Huizache vs Leucaena	Mesquite vs Leucaena	Huizache vs Mesquite	Huizache vs Leucaena	Mesquite vs Leucaena
Huizache	0.200 (0.01333) ^b	0.0008 (0.00009) ^a	0.7816	<0.001	<0.001	0.7513	0.3216	0.2579
Mesquite	0.207 (0.01996) ^b	0.0008 (0.00013) ^a						
Leucaena	0.577 (0.02932) ^a	0.0010 (0.00020) ^a						

¹ Dentro de cada columna los coeficientes de regresión con distinta literal son diferentes cuando $p \leq 0.05$. EEM: error estándar del coeficiente de regresión. β_0 : diámetro inicial de la planta (cm); β_1 : tasa de engrosamiento de la planta (cm día⁻¹).

Para el caso de las herbáceas forrajeras se evaluaron en el periodo de establecimiento de acuerdo con la metodología de Toledo y Schultze-Kaft (1982) en su modalidad ERA (Ensayos Regionales A) con la finalidad de determinar la adaptación en agostadero. En este caso se evaluaron el zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) y el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) los cuales se establecieron después de iniciado el periodo de lluvias en el mes de junio. Para ambas gramíneas forrajeras la primera evaluación 45 días después de la siembra (Figura 13), la evaluación se realizó en cada una de las hileras establecidas para cada sitio experimental.



Figura 13. Medición de porcentaje de germinación y grado de adaptación de ambas especies de gramíneas.

El pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) se adaptó mejor a las condiciones del semiárido queretano obteniendo de 50 % a 75 % de germinación en los sitios experimentales, mientras que el porcentaje de germinación del pasto banderita (*Bouteloua curtipendula*) estuvo por debajo del 25 % en los tres sitios experimentales. La evaluación se realizó por transectos de manera visual (Cuadro 12).

Cuadro 12. Porcentaje de germinación y grado de adaptación de zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) y pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) en los agostaderos del ejido Santa Bárbara, Cadereyta, Querétaro.

Sitio	S1						S2						S3									
Especie	Bu	Ba	Bu	Ba	Ba	Bu	Ba	Bu	Bu	Bu	Ba	Ba	Bu	Ba	Bu	Ba	Bu	Ba	Bu	Ba	Bu	Ba
% de germinación (45días)	4	2	4	2	2	4	2	4	4	4	2	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
Grado de adaptación	B	M	B	M	M	B	M	B	B	B	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M	B	M

Especie Bu= Buffel, Ba= Banderita; Porcentaje de germinación 1 = 0 germinación, 2 = <25 %, 3 = >25 % y <50 %, 4 = >50 % y <75 % y 5 = >75 %; Grado de adaptación E= Excelente, B= Bueno, C = Regular, M = Malo

5.5.2 Evaluación de las características de adaptación y sobrevivencia de las arbóreas en un sistema silvopastoril con árboles dispersos en potreros

El Cuadro 13 muestra el porcentaje de supervivencia del guaje (*Leucaena leucocephala*) y mezquite (*Prosopis laevigata*) durante 181 días de efectuada la plantación en un diseño silvopastoril de árboles dispersos en los potreros. Los resultados por especie son: 87 % de supervivencia para la leucaena (*Leucaena leucocephala*) y 76 % para el mezquite (*Prosopis laevigata*). Lo cual muestra que la leucaena (*Leucaena leucocephala*) es la que mejor se adapta a las condiciones semiáridas.

Cuadro 13. Número de brinzales trasplantados y porcentaje de supervivencia por especie arbórea establecida en un diseño silvopastoril de árboles dispersos en potreros.

Especie arbórea	Mezquite	Leucaena	Total
Árboles plantados	175	175	350
Árboles vivos	133	152	285
Porcentaje	76 %	87 %	81 %

5.6 Discusión

Los parámetros más medidos para indicar adaptabilidad en una plantación forestal son sobrevivencia, diámetro basal y altura de la planta, el incremento de estos factores está directamente influenciado por la genética de la especie, interactuando con las condiciones medioambientales (Husch *et al.* 1972). Tales parámetros son medidos por periodos y permiten cuantificar el desarrollo de las especies implementadas (Klepac, 1976). En el presente trabajo se realizó un análisis de estos tres de ellos, en tres especies arbóreas consideradas forrajeras en el ejido de Santa Bárbara, las cuales son: *Leucaena leucocephala*, *Prosopis laevigata* y *Acacia farnesiana*.

Para el parámetro sobrevivencia en el arreglo silvopastoril “pasturas en callejones” las tres especies arbóreas obtuvieron el 87 % en promedio de supervivencia y para “árboles dispersos” la *Leucaena leucocephala* y *Prosopis laevigata*, obtuvieron en promedio el 81 % de sobrevivencia, esto en un periodo de 180 días de observación.

Para el caso individual de la *Leucaena leucocephala*, es la que presentó el mayor porcentaje de sobrevivencia en ambas tecnologías silvopastoriles, alcanzando en promedio general 92 % de sobrevivencia. López (1991), en la implementación de un ensayo de “cultivo en callejones”, realizó mediciones en periodos similares de tiempo y a los 180 de evaluación obtuvo 90 % de sobrevivencia para *Leucaena leucocephala*, estando por debajo de la sobrevivencia obtenida en la presente investigación. En cuanto al incremento en altura de la planta, de acuerdo con Foroughbakhch *et al.* (1987) en el trabajo

realizado con especies arbóreas nativas en el noreste de México, *Leucaena leucocephala* es la que presentó mayor crecimiento desde la plantación, seguido de *Acacia farnesiana*, lo cual contrasta con los resultados obtenidos en este parámetro, dado que, para el primer y segundo periodo de evaluación *Prosopis laevigata*, presenta el mayor incremento y es hasta el tercer periodo de medición cuando la *Leucaena leucocephala* obtiene más incremento que las otras dos especies evaluadas.

En el parámetro de engrosamiento del tallo, la especie que obtuvo el mayor incremento en el primer y tercer periodo de medición, es la *Acacia farnesiana* y en el segundo periodo fue la *Leucaena leucocephala*. Mientras que para Foroughbakhch *et al.* (1987), la *Leucaena leucocephala* y la *Acacia farnesiana* presentan mayores incrementos hasta después de los tres años de evaluación y que ambas especies tienen patrón similar de incremento.

En cuanto a tasa de incremento de diámetro basal y crecimiento en altura en *Leucaena leucocephala* para la presente investigación, presentó las tasas de crecimiento más altas en comparación con las otras especies arbóreas y en cuanto a engrosamiento, *Acacia farnesiana* obtuvo los mayores incrementos en este parámetro en el primer y tercer periodo de medición, para el segundo periodo fue la *Leucaena leucocephala*, mientras que Gazca y Benavides (2012) en su ensayo de leguminosas, obtuvieron tasas de crecimiento en altura y diámetro basal bajas para *Leucaena leucocephala*, concordando con que las Acacias son las que obtienen mayor crecimiento.

Para las especies herbáceas en el caso de pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*), Ríos-Saucedo *et al.* (2012) mencionan que éste tiene alta producción de forraje y se adapta al pastizal semidesértico a pesar del estrés hídrico, lo cual concuerda con la presente investigación, al presentar porcentaje de germinación entre el 50 y 75 % como promedio general, logrando desarrollarse hasta alcanzar la madurez y formación de semilla durante el primer periodo de lluvias. Por otro lado Ibarra *et al.* (2005) en su estudio de rentabilidad de ranchos ganaderos mencionan que, al sembrar *Cenchrus ciliaris* se aumenta la

producción de forraje, lo cual permite que los ranchos ganaderos sean sustentables y rentables. Beltrán *et al.* (2017) mencionan que el pasto buffel (*Cenchrus ciliaris*) es una de las especies más utilizadas en las regiones semiáridas de México para la rehabilitación y conservación de suelos de pastoreo, por su fácil y rápido establecimiento, además de ser resistente al pastoreo y ser palatable para el ganado.

En el caso del zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) a pesar de ser recomendado para resiembra en los climas semiáridos, no presentó buen porcentaje de germinación, se cree que se debió a que el proceso de establecimiento no fue el adecuado o que la semilla no encontró las condiciones ideales para emerger en este ciclo de lluvias, dado que en diversos trabajos se presenta que éste zacate es uno de los más recomendados incluso es nombrado sobresaliente para la rehabilitación de agostaderos de clima semiárido (Beltrán *et al.*, 2007).

5.7 Conclusiones

La especie arbórea que mostró mejor adaptación a las condiciones climáticas y edáficas del semiárido fue el guaje (*Leucaena leucocephala*) teniendo el mayor porcentaje de supervivencia en ambas tecnologías. Asimismo, *Prosopis laevigata* y *Acacia farnesiana*, son también especies arbóreas prometedoras para la rehabilitación de los agostaderos del semiárido queretano, dado que presenta un porcentaje de sobrevivencia alto en el periodo de evaluación (180 días). En cuanto a las herbáceas se tiene que *Cenchrus ciliaris*, es el que presentó buena adaptación al obtener un porcentaje de germinación de entre el 50 y 75% al primer periodo de lluvias, mientras que *Bouteloua curtipendula* presentó 25 % de germinación por lo que se considera que el grado de adaptación para esta forrajera al primer periodo de lluvias fue malo.

Es conveniente continuar monitoreando el desarrollo de las especies vegetales seleccionadas e incluir otras especies arbóreas y herbáceas con potencial forrajero adaptados al semiárido queretano.

5.8 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo del presente trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y a los productores de la comunidad de Santa Bárbara por la colaboración en la presente investigación.

5.9 Literatura citada

- Beltrán, L. S., Loredó, O. C., Nuñez, Q. T., González, E. A., García, D. C. A., Hernández, A. J. A., Urrutia, M. J. y Gámez, V. H. G. (2007). *Navajita Cecilia y Banderita Diana pastos nativos sobresalientes para el altiplano de San Luis Potosí. (Establecimiento y producción de semilla)*. INIFAP-CIRNE-Campo Experimental San Luis Folleto técnico No. 33. págs. 38.
- Beltrán, L. S., García, D. C. A., Loredó, O. C., Urrutia, M. J., Hernández, A. J. A. y Gámez, V. H. G. (2017). "Titán" y "Regio", variedades de pasto Buffel (*Pennisetum ciliare*) (L.) Link para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8 (3), 291-295.
- Cortez, E. J. G. (2012). *Árboles nativos con potencial forrajero para diseñar tecnologías silvopastoriles en la reserva de biosfera sierra de Huautla, Morelos*. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, estado de México).
- Foroughbakhch, R., Peñaloza, R. & Stienen, H. (1987). Increasing productivity in the matorral of Northeastern Mexico: domestication of ten native multipurpose tree species. Strategies for classification and management of native vegetation for food production in arid zones. USDA Forest Service, general technical report RM-150, Tucson, Arizona, USA. 90-98.
- Gazca, G. M. O. y Benavides, M. M. H. (2012). Ensayo de leguminosas para la reforestación de la 2ª sección del Bosque de Chapultepec. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 3(14), 39-54.
- Husch, B., Millar, C. I. and Beers, T.W. (1972). Forest mensuration. John Wiley & Sons. U.S.A. p. 393.
- Ibarra, F. F., Moreno, M. S., Martín, R. M., Denogean, B. F. & Gerlach, B. L.E. (2005). Buffelgrass seeding as an alternative to increase profits in cattle ranches in Sonora. *Técnica Pecuaria en México*. 43(2), 173-183.

- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2009). Inegi.org.mx. Biblioteca digital de mapas. Serie VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. Recuperado el 12 de agosto de 2021: <https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>
- Keplac, D. (1976). *Crecimiento e incremento de árboles y masa forestales*. (2da ed.) Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo. México. págs. 279
- López, L. (1991). Establecimiento de un ensayo agroforestal “cultivo en callejones” *Zea mays*, asociado con *Gliricidia sepium* y *Leucaena leucocephala*. (Tesis de grado. Universidad Nacional Agraria. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua. Nicaragua).
- Navas, A. (2016). Sistemas silvopastoriles. Bogotá: Tropenbos Internacional Colombia & Fondo Patrimonio Natural. págs. 63 Recuperado de: <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:BdZtl1p32SoJ:https://www.tropenbos.org/file.php/2140/6-sistemassilvopastoriles-low.pdf+&cd=3&hl=es-419&ct=clnk&gl=mx>
- Ríos-Saucedo, J.C., Valenzuela-Nuñez, L.M., Rivera-González, M., Trucios-Caciano, R. y Sosa-Pérez, G. (2012). Diseño de un sistema silvopastoril en zonas degradadas con mezquite en Chihuahua, México. *Tecnociencia Chihuahua*. VI (3), 174-180
- SAS (Statistical Analysis System). (2017). SAS/STAT User's Guide (Release 6.4); SAS Inst.: Cary, NC, USA.
- SEDESOL (Secretaría de Desarrollo Social). (2010). Catálogo de localidades: Cadereyta de Montes, Querétaro Recuperado de: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=22&mun=004>
- Tobar, L. D. e, Ibrahim, M. (2008). *Valor de los sistemas silvopastoriles para conservar la biodiversidad en fincas y paisajes ganaderos en América Central*. Serie técnica. Informe técnico No. 373. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) Turrialba, Costa Rica.
- Toledo J. M. y Schultze-Kraft R. (1982). Metodología para evaluación agronómica de pastos tropicales. En *Manual para la evaluación agronómica*, Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. págs.91-110

6 MONOGRAFÍAS DE ESPECIES NATIVAS CON POTENCIAL FORRAJERO EN EL SEMIDESIERTO QUERETANO

6.1 Resumen

Para establecer especies vegetales forrajeras en sistemas silvopastoriles es necesario contar con información útil que ayude en tal actividad. Por ello con el propósito de obtenerla se realizó la búsqueda en diversos medios, como: libros, revistas e información de páginas web y posteriormente fue estructurada en monografías. Las monografías contienen información básica sobre: utilización, manejo y condiciones en las que las especies vegetales son más productivas. Esta información fue utilizada con la finalidad de mejorar los sistemas productivos de los agostaderos del ejido de Santa Bárbara.

Palabras clave: sistemas silvopastoriles, especies vegetales forrajeras, monografías.

Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autor: Lizbeth Yadira Sánchez Rebollar

Director: Alejandro Lara Bueno

6.2 Abstract

MONOGRAPHS OF NATIVE SPECIES WITH FORAGE POTENTIAL IN THE SEMI-DESERT OF QUERETANO

In order to establish forage plant species in silvopastoral systems, it is necessary to have useful information to help in this activity. Therefore, with the purpose of obtaining it, a search was carried out in different media, such as books, magazines and information from web pages and later structured in monographs. The monographs contain basic information on: utilization, management and conditions in which the plant species are most productive. This information was used with the purpose of improving the productive systems of the pasturelands of the ejido of Santa Bárbara.

Key words: silvopastoral systems, forage plant species, monographs.

Thesis Master's Degree in Agroforestry for Sustainable Development, Universidad Autónoma Chapingo. Author: Lizbeth Yadira Sánchez Rebollar
Advisor: Alejandro Lara Bueno

6.3 Introducción

En las regiones áridas y semiáridas toma importancia la utilización de árboles y arbustos en la alimentación animal, ya que se les relacionan numerosas ventajas como: fuente de energía, proteína, grasas, minerales y vitaminas para alimentar al ganado, son fuente importante de nitrógeno tanto para el suelo como para los animales, diversificación de la dieta de pequeños y grandes rumiantes. En cuanto al valor nutritivo de las hojas, yemas y ramas de árboles y arbustos se conoce que contienen niveles altos de proteína cruda y minerales en comparación con otras plantas forrajeras como las gramíneas (Ramírez, 2009).

La vegetación del semidesierto queretano, en su mayoría, está cubierto de matorral crasicaule, como consecuencia de: la topografía del terreno, clima, material geológico y suelo (Musálem *et al.*, 2007). La vegetación nativa presenta características agronómicas deseables, dado que la mayoría de las especies arbóreas nativas son de fácil establecimiento, están adaptadas al clima y a las condiciones del suelo, toleran el ramoneo y pisoteo del ganado, resistentes a heladas, enfermedades y plagas, no requieren de cuidados específicos como fertilización, y tienen alto valor nutritivo. Sin embargo, a pesar de ser una fuente importante de alimento para el ganado durante el invierno y la sequía, los árboles y arbustos son poco utilizados (Ramírez, 2009).

Para lograr que las especies forestales nativas sean utilizadas en los sistemas productivos es necesario contar con información que oriente al productor en cuanto al manejo, reproducción y adaptación, ya que son alternativas de bajo costo que pueden ayudar a mejorar los sistemas productivos y obtener mayores ingresos. En la presente investigación, se elaboraron monografías de cada una de las especies utilizadas en los sistemas agroforestales implementados en el área de estudio.

6.4 Materiales y métodos

6.4.1 Descripción del área de estudio

La presente investigación se basó en la identificación y valoración de especies arbóreas y arbustivas con potencial forrajero de la localidad de Santa Bárbara, municipio de Cadereyta de Montes, pertenece a la región semiárida del estado de Querétaro, se ubica en las coordenadas 20° 34' y 21° 01' latitud Norte y 99° 23' y 99° 52' longitud Oeste; con altitudes que van de los 800 a 3 200 msnm. El clima semiárido templado cuya clave es BS1kw (semiárido, templado, con lluvias en verano), con precipitación media anual de 400 mm, las lluvias se presentan en el verano, la temperatura media anual oscila entre 12°C y 18°C, alcanzando 38°C de temperatura en el mes de mayo y descendiendo de entre -3°C y 18 °C en el mes de diciembre, con escasa lluvia invernal (INEGI, 2009).

6.4.2 Obtención de información

Para conocer las características principales de las plantas que se emplearon como forrajeras en la región de estudio a partir del valor del índice de importancia cultural, se elaboraron monografías de las cinco especies elegidas, para tener más información de cómo se utilizan, manejan, reproducen, y de las condiciones en las que éstas son más productivas, con la finalidad de mejorar los sistemas productivos de la región de estudio. Para ello, se realizaron revisiones bibliográficas utilizando diferentes medios, como: revistas, libros e información obtenida de páginas web.

Para estructurar la información, se utilizó la metodología empleada por Musálem y Sánchez (2003) en su trabajo Monografía de *Pinus michoacana*. Así, se utilizaron fuentes de información secundaria considerando los siguientes puntos: clasificación botánica y ecología, nombres comunes, distribución geográfica, marco ecológico, especies asociadas, usos e importancia, condiciones de establecimiento y manejo.

6.5 Resultados (Monografías de las plantas forrajeras)

6.5.1 Mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.)

El mezquite (Figura 14) es un árbol propio de las zonas áridas y semiáridas, su distribución es amplia por todo el territorio mexicano, lo que lo hace una especie ampliamente reconocida que tiene diversos usos, ya que es utilizado como: combustible en forma de leña o carbón; madera para construcción de cercas, muebles y artesanías; alimento humano cuando las vainas son utilizadas para elaborar dulces, atoles y harinas con la que posteriormente se hacen galletas y pasteles; las hojas y vainas son utilizadas como alimento para el ganado, además, esta arbórea produce resinas, las cuales son utilizadas en la industria para la fabricación de barnices, pegamentos, como agente emulsionante y estabilizante, como encapsulante y como recubrimiento para alargar la vida de anaquel de frutas; por último, sus flores son utilizadas por las abejas para producir miel de excelente calidad (Rodríguez *et al.*, 2014; Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo [CIAD], 2019).



Figura 14. Árbol de Mezquite (*P. laevigata*).

Clasificación taxonómica

De acuerdo con Burkart (1976) la clasificación del mezquite es la siguiente:

Nombre común: Mezquite

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida (Dicotiledoneas)

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: Prosopis

Nombres comunes

A lo largo del territorio mexicano el mezquite es conocido varios nombres comunes de acuerdo con cada región (Cuadro 14).

Cuadro 14. Nombres comunes del mezquite de acuerdo con cada región.

Nombre Común	Origen
Algarroba	Colima
Tziritzecua / Tsisisicua	Tarasca, Michoacán
Chachaca / Chúcata	Michoacán
Huupa	Sinaloa
Inda-a	Cuicatleca, Oaxaca
Jupala / Katzimelk	Chihuahua / Sonora
Me-equite	Wirrarika
Mezquite	Náhuatl
Tai, Taj, Toji	Otomí, Hidalgo
Uejoue	Tarahumara, Chihuahua
Biia, Yaga-bü	Zapoteca, Oaxaca
Upala, jupala	Guarigia, Chihuahua
Maquite amarillo, mezquite blanco, mezquite chino, mezquite colorado, mimisquicuabtl, pechita tsirisicua.	Morelos
Haas, katzimelk	Seri, Sonora

Fuente: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, s/f).

Descripción botánica

El mezquite es una leguminosa perteneciente a la familia Fabaceae del género *Prosopis* que puede ser considerada árbol o arbusto dependiendo de su altura, la cual puede llegar a 12 m y el tronco alcanza hasta 1 m de diámetro. Esta arbórea, se desarrolla principalmente en climas áridos y semiáridos de México y el mundo; cuenta con un sistema radicular que, dependiendo de las condiciones del suelo, puede alcanzar más de 50 m de profundidad, y de manera lateral se extiende hasta 15 m; cuenta con hojas compuestas bipinnadas con hasta 15 pares de folíolos sésiles, lineales u oblongos con longitud de 5 a 10 mm; las flores están agrupadas en racimos, son bisexuales, miden entre 4 y 10 mm, actinomorfas, de color amarillo, con 5 sépalos y 10 estambres. En cuanto al fruto, éste es una vaina que tiene forma de lomento drupáceo de color rojizo violáceo o paja, es alargado y en algunos casos indehisciente, es recto o arqueado y en algunos casos en forma de espiral, con longitud que va de 10 a 30 cm; en la madurez, cada vaina contiene de 12 a 30 semillas que pueden ser planas o cilíndricas (Valenzuela *et al.*, 2011; Guevara, 2016; Rodríguez *et al.*, 2014).

El género *Prosopis* presenta gran resistencia a la sequía y salinidad, tiene la capacidad de fijar nitrógeno en el suelo y sus vainas contienen hidratos de carbono y proteínas. Estas características hacen que el mezquite sea recomendado como arbórea de doble propósito, para ser utilizado como fuente de alimento, tanto para el ganado como para el ser humano; y, por sus características fijadoras de nitrógeno, es recomendado para detener el avance de la erosión y desertificación del suelo y como mejoradora de la fertilidad (Prokopiuk, 2004).

Descripción morfológica

Raíz: El sistema radical del mezquite es profundo y amplio, ya que su raíz principal puede alcanzar hasta 50 m de profundidad, mientras que de forma lateral se extiende hasta 15 m (Guevara, 2016).

Hojas: El mezquite tiene hojas pinnadas caducifolias, con copa redonda aplanada (Palacios, 2006), con aproximadamente 20 pares o menos por pina, la longitud de los foliolos mayores a 10 mm, las hojas son compuestas, lo que quiere decir que cada hoja puede tener hasta 40 foliolos de entre 5 y 10 mm (Ramírez y Villanueva, 1998). La época en que se renuevan las hojas (foliolos) es de marzo a mayo y permanecen en la planta desde el mes de abril hasta diciembre. Estas hojas son ricas en proteína, por lo que se consideran nutritivas para el ganado y son una fuente económica de alimentación para los rumiantes (López, 2013).

Flores: Las flores de este árbol o arbusto, son de color amarillo- verdoso, están agrupadas en forma de espiga, son pequeñas, ya que miden de 4 a 10 mm, y sostenidas por pedúnculos que van de 1 a 2 mm; estas flores tienen la característica de producir néctar y un aroma muy agradable, indispensables para llevar a cabo una buena polinización, son actinomorfas, bisexuales y cuentan con 10 estambres, 5 pétalos y 5 sépalos (Ramírez y Villanueva, 1998).

Semilla: Las semillas de esta planta son de forma oblonga y parecen estar aplanada, son duras (tienen latencia física) y la coloración va de café claro hasta el café oscuro presentando varias tonalidades de este color, esto dependiendo del sitio en donde está asentada. La diseminación de la semilla se lleva a cabo de forma endozóica y zoófila, ya que las semillas conforman parte importante de la dieta de muchos animales como, ratas, ratones, tejones, caprinos y ovinos entre otros (Ruiz, 2011).

Vaina: La fructificación del mezquite se da de mayo a agosto, el fruto del mezquite es una vaina en forma de drupa, constituida por tres capas que protegen a las semillas. Esta vaina es alargada plana o cilíndrica, ya sea recta o arqueada, indehiscente, con longitud de 3 a 30 cm, la cáscara es de color paja y en la madurez es rojizo-violácea, la madurez la alcanzan en el mes de agosto, es a partir de este mes y hasta octubre que se pueden cosechar, cada vaina contiene de 12 a 30 semillas (Resendez, 2014; Ruiz, 2011).

Etapas fenológicas de la especie

Las etapas de crecimiento del mezquite varían dependiendo del tiempo y el lugar en el que está asentada la especie (Ramírez y Villanueva, 1998). En el Cuadro 15 se muestran las etapas fenológicas del mezquite:

Cuadro 15. Etapas fenológicas del mezquite (*Prosopis* sp.).

Evento	Zona media	Altiplano
Inicio de crecimiento de hojas y ramas	Febrero-Marzo	Enero-Febrero
Floración	Febrero-Marzo	Febrero-Marzo
Fructificación y maduración del fruto	Mayo-Junio	Julio-Agosto
Senescencia de hojas	Setiembre-Octubre	Octubre-Diciembre
Latencia vegetativa	Noviembre-Enero	Octubre-Enero

Fuente: Ramírez y Villanueva, 1998.

De acuerdo con Cantú (1989) la duración del crecimiento del mezquite desde la floración hasta la maduración y caída de frutos es de 110 días, aproximadamente.

Distribución natural

Los mezquites son especies arbóreas de amplia distribución en México y se desarrolla principalmente en las regiones áridas y semiáridas (Rodríguez *et al.*, 2014). De acuerdo con Palacios (2006), en México existen 11 especies de mezquite, las cuales son; 1) *P. mayana* sp. nov. (Yucatán); 2) *P. odorata* Torr. & Frém. (con una distribución amplia en Zacatecas, Nuevo León, Tamaulipas, Chihuahua, Sonora y Baja California Norte); 3) *P. glandulosa* Torr. (se encuentra en Tamaulipas, Coahuila y Nuevo León); 4) *P. mezcalana* sp. nov. (Ubicada en Michoacán y Guerrero); 5) *P. velutina* Wooton (se encuentra solo en Sonora); 6) *P. vidaliana* Fern.-Vill. (su distribución está en Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Michoacán, Colima, Jalisco y Nayarit); 7) *P. yaquiana* sp. nov. (está en Sinaloa, Baja California Sur y Sonora); 8) *P. tamaulipana* L. (en Veracruz,

Tamaulipas, San Luis Potosí y Nuevo León); 9) *P. articulata* L. (ubicada en Sonora y Baja California Sur); 10) *P. juliflora* (Sw.) DC. (ubicada en Yucatán), y 11) *P. laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst. (en Chiapas, Oaxaca, Guerrero, Puebla, Morelos, México, Michoacán, Hidalgo, Guanajuato, Jalisco, Aguascalientes, San Luis Potosí, Zacatecas, Durango, Tamaulipas, Nuevo León y Querétaro).

Hábitat y especies asociadas

P. laevigata tiene mejor desarrollo y crecimiento en suelos con buen drenaje, profundos y arenosos, aunque también muestra un desarrollo óptimo en suelos areno-arcillosos, en terrenos de ladera con suelos poco profundos, sin embargo, con estas limitaciones el hábito de crecimiento es arbustivo, por disponibilidad deficiente de agua. Esta especie tiene un amplio rango ecológico lo que le permite extenderse en diferentes zonas, la temperatura media anual en la que se desarrolla va de 20 a 29 °C, con precipitaciones anuales que van de 350 a 1200 mm; crece en llanuras y bajíos principalmente, se encuentra desde el nivel del mar hasta los 2200 msnm. Por esas razones, esta especie es considerada agresiva, dado que puede colonizar áreas que han sido perturbadas, esto porque tiene alta capacidad de regeneración, tanto por semilla como por rebrote, características que favorecen a la dispersión de la especie (Rodríguez *et al.*, 2014; Ríos *et al.*, 2011). Se puede decir que *P. laevigata* es una especie de fácil adaptación que, a su vez, aporta grandes beneficios al suelo, como la fijación de nitrógeno que, al ser metabolizado da vida a la biosfera, ayuda en los procesos de regeneración del suelo, evitando la degradación química y aportándole fertilidad. En clima desértico es indicador de agua subterránea, cuando su hábito de crecimiento es arbóreo, otro aspecto positivo es que proporciona al ecosistema varios servicios ambientales, tanto para el hombre como para la flora y fauna, lo que influye directamente en la abundancia y diversidad de especies, por lo que se asocia muy bien con *Origanum vulgare* L., *Yucca sp.* L., *Agave sp.* L., *Opuntia sp.* Mill, *Acacia sp.* Mill, *Ambrosia ambrosoides* (Cav.) W.W.Payne, *Ambrosia cordifolia* (A.Gray)

W.W.Payne, *Lysiloma divaricata* (Jacq.) J.F.Macbr., *Haematoxylon brasiletto* H.Karst., *Cordia sonora* N.E.Rose, *Pachycereus pecten-aboriginum* (Engelm. ex S.Watson) Britton & Rose, *Croton dioicus* L., *Guazima ulmifolia* LAM., *Bursera fragilis* S.Watson, *Bursera confusa* (Rose) Engl., entre muchas otras especies, arbustivas, arbóreas y herbáceas (Flores *et al.*, 2007; Espinosa y Lina, s/f; CONAFOR, 2009).

Uso e importancia

El mezquite es considerado un recurso sumamente importante por brindar servicios ambientales, debido a que tiene la capacidad de mantener la estructura del paisaje y contribuye al correcto funcionamiento del ecosistema, principalmente en el suelo, ya que ayuda a que éste se establezca, evitando la erosión y pérdida de este, así como por la fijación de nitrógeno, que es nutriente indispensable para otras especies de plantas. Esta arbórea facilita la infiltración de agua en el suelo, es mejorador de suelos por el aporte de materia orgánica a través de la hojarasca, también aporta múltiples beneficios como: alimento para el ganado y humanos (se consume directamente la vaina o se procesa en forma de harina para la elaboración de diversos productos como; pinole, pan, atole, tortillas, piloncillo); combustible al obtener leña y carbón; se usa en la elaboración de artesanías; producción de madera (para la elaboración de parquet, muebles, mangos de herramientas, postes para cercas); producción de miel, uso ceremonial, como sustituto de goma arábiga, ornamental, y medicinal en el tratamiento de reumatismo, dolor de garganta y diarrea (Espinosa y Lina, s/f; Terrones *et al.*, 2006).

El uso principal que le dan los productores y pobladores de las comunidades áridas y semiáridas al mezquite es forrajero; colectan las vainas y las almacenan, para ofrecerlas al ganado en época de estiaje, con ellas alimentan al ganado bovino, ovino, caprino y porcino, principalmente, aunque también son alimentados los asnos, mulas y caballos; las vainas son una fuente económica de alimentación con alto valor nutricional, sus componentes nutricionales se encuentran tanto en las semillas (proteína) como en el mesocarpio

(carbohidratos), lo cual incrementa el comportamiento productivo del ganado, como es la ganancia de peso y la producción de leche. Los frutos del mezquite pueden utilizarse de manera directa o procesada. Para que el ganado asimile de mejor manera las proteínas presentes en las semillas es conveniente molerlas o triturarlas, porque de esta manera se aprovecha del 7 al 10 % más la proteína (Resendez, 2014; Llano *et al.*, 2012; González *et al.*, 2008; Rodríguez *et al.*, 2014; López, 2013).

Las vainas de mezquite son consideradas como complemento en la alimentación del ganado, esto debido a que se han realizado estudios bromatológicos y estos indican que las vainas aportan gran cantidad de proteína cruda al ganado (Armijo-Nájera *et al.*, 2019). En el Cuadro 16 se muestra la composición química de las vainas de mezquite:

Cuadro 16. Composición nutrimental de vainas de mezquite con distinto nivel de maduración.

Vainas	MS(%)	FDA(%)	FDN(%)	CEN(%)	NT(%)	PC(%)	EE(%)	FC(%)
Tiernas	87.84a	28.50a	40.59a	3.79b	1.79a	11.21a	0.06a	0.14a
Maduras	85.27a	30.92a	43.9a	4.11a	1.93a	12.06a	0.07a	0.15a

ab = Letras diferentes en las columnas indican diferencia significativa (Tukey, 0.05).

MS = materia seca; FDN = fibra detergente neutra; NT = nitrógeno total; PC = proteína cruda; FC = fibra cruda; CEN = cenizas; FDA = fibra detergente ácida; EE = extracto etéreo.

Fuente: Armijo-Najera *et al.* (2019).

Establecimiento y mantenimiento de la plantación de mezquite

De acuerdo con el INIFAP (2011), en la guía para el establecimiento de plantaciones comerciales de mezquite, se recomienda tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Preparación del terreno: si el propósito es una plantación de mezquite como cultivo, se requiere de las labores mínimas como son; barbecho, rastra, cuidando que el suelo tenga una profundidad de laboreo de 30 cm o más y que éste quede bien suelto. En cambio, si la plantación será establecida como reforestación, solo se requiere de una limpieza de terreno con desmonte selectivo, esto de acuerdo con el arreglo que llevará la plantación. Es

conveniente también realizar limpieza donde se ubicarán las obras de conservación de suelo y agua y el acondicionamiento de las cepas (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático [INECC], 2007; Ramírez y Villanueva, 1998).

Época de plantación. La plantación del mezquite se debe llevar a cabo después de época de sequía interestival, también llamada canícula, en suelo húmedo con profundidad de 30 cm como mínimo (Ramírez y Villanueva, 1998). En las zonas semiáridas, la época de plantación queda limitada a dos o tres meses del año cuando se presentan las lluvias durante el verano, ya que el suelo está húmedo y el riesgo de que la planta sufra por heladas es menor.

Método de plantación. Se recomienda plantar el árbol en una cepa profunda dos veces más ancha y profunda que las raíces, para que estas queden bien extendidas, la dimensión de la cepa es de aproximadamente 20 x 20 x 30 cm dejando suelo suelto dentro de la cepa para mayor aireación. De igual forma, se recomienda que se acompañe la plantación con obras de conservación del suelo y agua, como zanjas, bordos, tinajas ciegas, entre otras, para garantizar la permanencia del agua por más tiempo en el sitio de plantación, así como, para evitar pérdida de suelo por las labores de limpieza y deshierbe que se hacen al terreno antes de la plantación (Ramírez y Villanueva, 1998).

Densidad de plantación. La densidad de siembra depende de la finalidad de la plantación, por ejemplo, si la finalidad es producción de forraje, la densidad puede ser de 6 a 13 árboles por ha. Para lograr esta densidad se deja 25 m de espacio entre plantas y de 30 a 65 m entre las hileras. En altas densidades se manejan 2500 árboles por ha para estimular a la planta a crecer con fuste recto y largo, lo cual ayuda al manejo de la plantación y con ello obtener productos en el corto, mediano y largo plazo, mientras que en sistemas agroforestales se utilizan diversas combinaciones de densidades. De acuerdo con el INECC (2007) el espaciamiento entre árboles puede ser de 5 x 5, dando una densidad de 400 plantas por ha. Si el área se utilizará con pastoreo directo, si lo que se busca es producción de vaina y que las plantas tengan hábito de crecimiento

arbóreo, se deben plantar a una densidad de 100 plantas por ha, es decir 10 x 10 m de espaciamiento.

Protección de la plantación. Se recomienda excluir al pastoreo los terrenos reforestados con mezquite con la finalidad de evitar que el ganado cause daño a la plantación. El material utilizado para delimitar o excluir el área a rehabilitar depende del ganado que se tenga en la zona, por lo general se utilizan postes y alambre de púas, aunque se recomienda realizar brechas corta fuegos alrededor del área excluida con un ancho de 3 m (INECC, 2007).

Mantenimiento de la plantación. Durante los primeros años de establecimiento, se recomienda realizar deshierbes alrededor de las cepas con un radio de 20 cm, mínimo cada año, una o dos semanas después de iniciado el periodo de lluvias. En cuanto a fertilización, esta especie arbórea no requiere estrictamente de ella, dado que es una especie que crece en suelos pobres y secos, además de que es fijadora de nitrógeno, sin embargo, si se quiere que el desarrollo sea más rápido, se recomienda incorporar 5 kg de estiércol bien composteado, el cual será colocado en la cepa al momento de la plantación. Un aspecto que no se debe dejar pasar para mantener en buen estado la plantación son las podas de formación, las cuales se deben realizar dos veces al año para evitar ramificaciones en la base del fuste, de igual modo, se deben realizar aclareos con intensidad del 30 %. En el caso de plagas, es necesario identificar el organismo causal para poder aplicar el tratamiento adecuado y, para evitar la aparición de plagas y enfermedades, es necesario mantener el equilibrio ecológico, mediante la diversificación de cultivos (INECC, 2007; Ramírez y Villanueva, 1998; INIFAP, 2011).

6.5.2. Literatura citada

Armijo-Nájera, M. G., Moreno-Reséndez, A., Blanco-Contreras, E., Borroel-García, V. J., y Reyes-Carrillo, J. L. (2019). Mesquite pod (*Prosopis* sp.) food for goats in the semi-desert. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*. 10(1), 113-122. <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i1.1728>

Burkart, A. (1976). A monograph of the genus *prosopis* (leguminosae subfam. Mimosoideae). *Journal of the Arnold Arboretum*. 57(4), 450–525.

- Cantú, A. C. (1989). Datos sobre la entomofauna espermatófaga de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnst. y *. glandulosa* var. torreyana (L. Benson) M.C. Johnst. en Nuevo León, con especial referencia a su impacto sobre la producción de semillas. Simposio Agroforestal en México: sistemas y métodos de uso múltiple del suelo, Linares, N.L. 603-629.
- CIAD (Centro de Investigación en Alimentos y Desarrollo). (2019) Estudian cómo aprovechar la goma o chucata del mezquite. Recuperado de: <https://www.ciad.mx/notas/item/2158-estudian-como-aprovechar-la-goma-o-chucata-del-mezquite>.
- CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (s/f) *Prosopis Juliflora*. Recuperado de: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/46-legum44m.pdf
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2009). Técnicas para el establecimiento y producción de chiltepín silvestre, bajo un sistema agroforestal en Sonora, Mexico. *Capsicum annuum* L. var. *Glabriusculum* (Dunal) Heiser & Pickersgill. págs. 41. Recuperado de: <https://www.conafor.gob.mx/biblioteca/Tecnicas-CHILTEPIN.pdf>
- Espinosa, H. A. y Lina, M. P. (s/f). La sobreexplotación del mezquite y el deterioro de los ecosistemas. P.10. Recuperado de: <https://xdoc.mx/preview/214-aleberto-espinosa-hernandez-et-al-5d6982eabb3d9>
- Flores, H. A., Trejo, C. R., Arreola, Á. J. G., García, H. G., Zarate, V. J.L. y Hernández, H. J. A. (2007). Características agroecológicas de la población de mezquite (*Prosopis* sp.) en la región de San Juan de Guadalupe. Durango, México. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. VI (2), 211-217.
- González. G. A., Duarte, C. A., Patto, A. C., Piccolo, B. M. F. (2008). Caracterización química de la harina del fruto de *Prosopis* sp. procedente de Bolivia y Brasil. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 58(3), 309-315.
- Guevara, M. (2016). Características y generalidades del mezquite en México. Coahuila. (Tesis de grado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila).
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2007). Cultivo del Mezquite. INECC. Recuperado de: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/72/cultivo.html>
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2009). Biblioteca digital de mapas. Serie VI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México.

Recuperado el 12 de agosto de 2021 de
<https://www.inegi.org.mx/app/mapas/>

- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2011). Establecimiento de plantaciones comerciales de mezquite (*Prosopis glandulosa* Torr.) en Tamaulipas. Desplegable para Productores Núm. 14. Recuperado de:
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/889.pdf>
- Llano, C., Ugan, A., Guerci, A. y Otaola, C. (2012). Arqueología experimental y valoración nutricional del fruto de algarrobo (*Prosopis flexuosa*): inferencias sobre la presencia de macrorrestos en sitios arqueológicos. *Interacciones en Antropología*. 13(2), 513-524.
- López, M. E. (2013). Respuesta de la regeneración natural de mezquite (*Prosopis glandulosa torr.*) en tratamientos del suelo y vegetación en Zaragoza Coahuila México. (Tesis de Maestría, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila).
- Musálem, L. F.J., Rodríguez, F. R. M., Martínez, E. C. y Maruri, A. B. (2007). Estudio Regional Forestal Región Centro "Semidesierto". P.112
- Musálem, M. y Sánchez, O. (2003). Monografía de *Pinus michoacana* Martínez. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Centro. Campo Experimental del Valle de México. El Horno, Chapingo, México. 230 p.
- Palacios, R. A. (2006). Los mezquites mexicanos biodiversidad y distribución geográfica. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. 42(1-2), 99-121.
- Prokopiuk D. B. (2004). Sucédáneo del café de algarroba (*Prosopis alba* Griseb). (Tesis Doctoral, Universidad de Valencia).
- Ramírez, G. J.A., y Villanueva, D. J. (1998). Selección y manejo de material productivo de mezquite (*Prosopis sp.*). INIFAP. Folleto técnico 9, 20. Recuperado de:
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/763.pdf>
- Ramírez, L. R. G. (2009). Forrajes nativos. Una alternativa sustentable en la alimentación de rumiantes. *Ciencia UANL*, XII (1), 4-5
- Resendez, V. K. (2014). Evaluación del daño por insectos en la vaina de *Prosopis laevigata* (Wild) M.c. Johnston) en una zona mezquitera del estado de Durango. (Tesis Maestría, Instituto Politécnico Nacional, Victoria de Durango, Dgo).
- Ríos, S. J.C., Trucíos, C. R., Valenzuela, N. L. M., Sosa, P. G. y Rosales, S. R. (2011). Importancia de las poblaciones de mezquite en el norte-centro de México. Inifap. Págs. 230. Recuperado de:
<https://www.researchgate.net/profile/Julio-Rios-Saucedo/publication/304>

749878_Importancia_de_las_poblaciones_de_mezquite_en_el_norte-centro_de_Mexico/links/5779af0508ae4645d611f27c/Importancia-de-las-poblaciones-de-mezquite-en-el-norte-centro-de-Mexico.pdf

- Rodríguez, S. E. N., Rojo, M. G. E., Ramírez, V. B., Martínez, R. R., Cong, H., M.C., Medina, T. S. M. y Piña, R. H. H. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. Ex Willd.) en México. *Revista Ra Ximhai*. 10(3), pp. 173-193, Universidad Autónoma Indígena de México, El fuerte México.
- Ruiz, T. D. (2011). Uso potencial de la vaina de mezquite para la alimentación de animales domésticos del altiplano potosino. (Tesis de maestría, Universidad Autónoma de San Luis Potosí).
- Terrones, R. T. R. L., González, S. C., y Ríos, R. S.A. (2006). Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato. (INIFAP, Ed.) México: INIFAP. Recuperado de: <https://www.worldcat.org/title/arbustivas-nativas-de-uso-multiple-en-guanajuato/oclc/70893984>
- Valenzuela, N., Trucios, C., Ríos, J., Flores, B. y González, J. (2011). Caracterización dasométrica y delimitación de rodales de mezquite (*Prosopis spp*) en el estado de Coahuila. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del ambiente*. 17(87), 87-96.

6.5.3 Huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.)

El huizache (*Acacia farnesiana*) (Figura 15) es una especie arbórea de la familia Fabaceae, con espinas abundantes y flores aromáticas. En México está arbórea se desarrolla en la selva baja caducifolia, encinares y matorral xerófilo, crece en terrenos planos y en laderas pedregosas, es abundante en zonas áridas y semiáridas. El árbol de huizache es de porte pequeño de 3 a 8 m de altura, con troncos de hasta 40 cm de diámetro. Es un árbol de gran importancia debido a que tiene diversos usos: obtención de carbón, madera, leña, alimento para el ganado en pastoreo, producción de miel, extracción de gomas, propiedades medicinales, colorantes, esencias aromáticas, artesanías y excelente restaurador de suelos (Pichardo *et al.*, 2020; García-Nuñez y Sánchez-Vélez, 2016).



Figura 15. Taxonomía de árbol de huizache (*Acacia farnesiana*).

Clasificación taxonómica

Según Rzedowski (2001), la taxonomía del huizache (*Acacia farnesiana*) es la siguiente:

División: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Leguminosae (Mimosoideae)

Género: Acacia

Especie: *Acacia farnesiana* (L.) Willd.

Nombres comunes

Los nombres comunes del huizache son (Cuadro 17):

Cuadro 17. Nombres comunes del huizache de acuerdo con cada región.

Nombre común	Región
Güizache	Michoacán y Edo Méx
Yóndiro	Guerrero
Aromo	Yucatán
Aroma	Tabasco y Chiapas.
Bihi	Zapoteco Oaxaca

Coo-ca, Cucá	Sonora
Espino, espino blanco	Oaxaca
Fiñisache	Guanajuato
Flor de niño	Chiapas
Gabía, Gavia	Durango
Lai-do-no	Oaxaca (L. cuicatleca)
Minza	Hidalgo (L. otomí)
Tsurúmbini, Tsurímbini	Michoacán (L. Tarasca)
Vinorama	Sonora, Baja California, Sinaloa.
thujánium	San Luis Potosí (L. Huasteca)
Cucca	Sonora (L. Mayo)
Kánkilis-ché, Kántilis, X-kántilis, Xkantiris, Zubín, Zubínché	Yucatán

L = lengua. Fuente: CONABIO, 2017

Descripción botánica

El huizache pertenece a la familia Fabaceae, subfamilia Mimosoideae, es un árbol de porte pequeño, a veces arbusto espinoso sub-caducifolio o perennifolio, con una altura que va de 1 a 10 m dependiendo del hábito de crecimiento que adopte según las condiciones climáticas, copa redondeada, diámetro de fuste de hasta 40 cm; las ramas cuando jóvenes son pubescentes, con muchas ramificaciones; las inflorescencias alcanzan de 1-3 cm de largo, con flores amarillas de olor dulce, en forma de cabezuelas globosas que van de 0.7 a 1 cm de diámetro, sésiles, estambres conspicuos; fruto verde que con el tiempo cambia a color negro, cilíndrico, duro, pubescente o glabro, de 4 a 8 cm de longitud; con 1 cm de espesor, las vainas son reniformes, de longitud pequeña de 6 a 8 cm, dispuestas en dos hileras longitudinales (Lesur, 2011).

Descripción morfológica

De acuerdo con CONAFOR (2017) y la USDA ([U.S. Department of Agriculture], 2004) el huizache presenta la siguiente morfología:

Raíz. La morfología del sistema radical del huizache es variable dependiendo de las condiciones del suelo y a que profundidad se encuentre el agua subterránea, puede crecer de manera pivotante o lateral.

Hojas. Las hojas del huizache son alternas, plumosas, frecuentemente aglomeradas en cada par de espinas, cuenta con 2 a 7 folíolos primarios y de 10 a 25 pares secundarios de folíolos.

Flores. Las flores de esta arbórea son sumamente aromáticas, amarillas, formadas en cabezuelas que se originan en las axilas de las espinas, crecen solitarias o en grupos de 2 a 3 flores. Con frecuencia, en la etapa de floración las flores logran cubrir todo el árbol dando una apariencia totalmente amarilla. De forma individual, las flores consisten de cáliz tubular con muchos estambres filiformes.

Semillas. Son pequeñas, ligeramente aplastadas, reniformes, color pardo amarillento, de 6 a 8 mm de largo, de olor dulce, de testa dura e impermeable al agua (tienen latencia física), dispuestas en hileras dobles. En un kilo hay aproximadamente de 11,000 a 13,000 semillas, el ganado es el principal medio de diseminación, aunque también lo son algunos pequeños vertebrados como por ejemplo las lagartijas.

Vainas. El fruto del huizache comienza a producirse de forma abundante durante el tercer año de la planta; son vainas gruesas rizadas y coriáceas de color pardo oscuro casi negro o rojizas en la madurez, subcilíndricas, semiduras, ya sea solitarias o agrupadas, con una longitud de 2 a 10 cm, estas se forman después de la floración, alcanzando la madurez dos meses después.

Etapas fenológicas de la especie

Cuadro 18. Fenología del árbol de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.).

Etapas	Meses
Emisión de hojas	Enero-Marzo
Floración	Febrero
Inicio fructificación	Marzo-Junio
Madurez de fruto	Junio-Agosto

Caída de fruto	Septiembre-Octubre
Latencia	Octubre-Enero

Fuente: INIFAP, (2007)

De acuerdo con el Cuadro 18, las hojas del huizache aparecen en el mes de enero y permanecen en el árbol todo el año, es una planta perennifolia a veces caducifolia. Al siguiente mes de la aparición de las hojas comienza la floración, presentándose varios periodos de floración durante el año y casi enseguida comienza la fructificación en el mes de marzo, extendiéndose hasta abril, el fruto alcanza la madurez en los meses de junio a agosto y en los meses de septiembre a octubre están listas las semillas para ser cosechadas. Después de octubre, la planta entra en latencia hasta el mes de enero que es cuando se reinicia nuevamente el ciclo (INIFAP, 2007).

Distribución natural

La principal zona de distribución del huizache es en ecosistemas áridos y semiáridos, matorrales espinosos y en la selva tropical caducifolia, teniendo amplia distribución en el país, ya que se puede encontrar en los estados de Zacatecas, Veracruz, Yucatán, Tamaulipas, Tabasco, San Luis Potosí, Puebla, Sonora, Sinaloa, Querétaro, Oaxaca, Nuevo León, Nayarit, Morelos, Michoacán, Jalisco, Hidalgo, Guanajuato, Guerrero, Durango, Colima, Coahuila, Chiapas, Chihuahua, Campeche, Baja California Sur, Baja California Norte y Aguascalientes (CONAFOR, 2017).

Hábitat y especies asociadas

El huizache predomina en regiones cálidas, con precipitaciones que van de 500-750 mm y soporta temperaturas que van entre -5 y 30 °C. Su amplia distribución se debe a factores antropogénicos, naturales y a la adaptabilidad de la especie, ya que se adapta incluso en suelos de baja fertilidad, arenosos, salinos, secos alcalinos con poca materia orgánica, requiere de suelos bien drenados, tolera las sequías y heladas, se desarrolla en las orillas de los

caminos, parcelas abandonadas, terrenos perturbados, sitios ruderales, acahuales, en altitudes que van de 36 a 2500 msnm (CONABIO, 2017).

Dependiendo de la ubicación geográfica, el huizache puede asociarse con varias otras especies arbóreas o arbustivas. Al oeste de México se asocia con *A. pennulata* (Schlecht. & Cham.) Benth. Al noreste con *Acacia berlandieri* Benth., *A. wrightii* Benth., *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, *Pithecellobium flexicaule* (Benth.) Coulter, *Helietta parviflora* (A. Gray) Benth., *P. pallens* (Benth.) Standl., *A. rigidula* Benth. y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. En bosques secos subtropicales, se asocia con *Heliocarpus terebinthaceus* (DC.) Hochr., *A. pennulata*, *Bursera bipinnata* (DC.) Engl., *Hyptis albida* H.B.K., *I. murocoides* Roem. & Schult, Mimosa, *Ipomea intrapilosa* Rose, *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. monancistra Benth., *Tecoma stans* (L.) H.B.K. y *Opuntia fuliginosa* Griffiths. En los bosques caducifolios, específicamente en las áreas degradadas del Estado de Morelos, el huizache se asocia con *Cassia pringlei* Rose, *A. bilimekii* Macbride, y *A. cochlia-cantha* Humb. & Bonpl., y en matorrales secundarios se asocia con *Willardia parviflora* Rose. En San Luis Potosí esta arbórea se asocia con *Caesalpinia mexicana* Gray, *A. amentácea* DC., *Cordia alba* (Jacq.) Roem. & Schult., *Thevetia peruviana* (Pers.) K. Schum, *Diphyssa minutifolia* Rose, *Sapindus saponaria* L. y *Harpalyce arborescens* A. Gray (USDA, 2004).

Uso e importancia del huizache

Esta especie arbórea es ampliamente utilizada, de ella se obtienen distintos productos como: madera, carbón, leña, elaboración de mangos para herramientas, de corteza se extraen taninos que son utilizados en la curtiduría de pieles, en la fabricación de tintas, elaboración de resinas que son utilizadas en la medicina tradicional tratando diversas enfermedades como: problemas estomacales e inflamaciones, infecciones, diarreas y dolor de muelas. Del tronco emana goma que es utilizada como sustituto de la goma arábica, mientras que las flores son utilizadas para elaborar esencias aromáticas, perfumes y teñir telas, también son importantes en la producción de miel por su

abundante néctar y polen; esta arbórea, en algunos lugares es considerada como planta de ornato por la belleza de sus flores; se utiliza también como mejorador de suelo y control de la erosión. En cuanto a las hojas, semillas y vainas del huizache, son excelente opción para la alimentación de los animales, principalmente en época de secas, ya que tiene alto porcentaje de proteína; las vainas se utilizan también como tinta, y cuando éstas están verdes el jugo es utilizado como pegamento en las lozas; también se le atribuye la función de fitoextracción de plomo por su alto contenido de taninos ya que estos tienen la capacidad de absorber cationes, y es una fuente de agua de origen vegetal que ayuda a la supervivencia del venado cola blanca, ya que la semilla contiene aproximadamente 68 % de humedad (Niembro, 1986; Barrance *et al.*, 2003; Terrones *et al.*, 2006; Espino y Fuentes, 2005; Landeros-Márquez *et al.*, 2011).

El uso forrajero del huizache se ha ido incrementando dado que es una fuente de alimento para el ganado en época de estiaje, que es la época crítica para el ganadero y esta leguminosa presenta abundancia de biomasa forrajera. La arbórea se ofrece de diversas maneras al ganado: se pueden cortar las ramas bajas y aprovechar los renuevos y las vainas; mediante el método de ensilaje, se pueden conservar las ramas sin perder las propiedades nutricionales. Este método de conservación de forrajes no requiere de químicos ya que la planta contiene los nutrientes suficientes para producir ensilado de buena calidad. Para ello, se recomienda que el corte de los retoños se realice después de las primeras lluvias para no dañar el rendimiento de la planta (Ochoa- Esquivel, 1984).

De acuerdo con Barrientos-Ramírez *et al.* (2012), la composición química de la semilla y cáscara del huizache es la siguiente (Cuadro 19):

Cuadro 19. Composición química de la semilla y cáscara de huizache (g/100 g MS*).

Parámetro %	Muestra			
	Semilla		Cáscara	
	Con taninos	Sin taninos	Con taninos	Sin taninos

	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$
Materia seca	88,9 $\pm$ 0,30d	92,3 $\pm$ 0,100a	90,6 $\pm$ 0,11c	91,2 $\pm$ 0,11b
Proteína cruda	23,0 $\pm$ 0,10a	17,4 $\pm$ 0,17b	14,9 $\pm$ 0,10c	10,1 $\pm$ 0,11d
Extracto etéreo	2,5 $\pm$ 0,06a	2,4 $\pm$ 0,35a	1,4 $\pm$ 0,06b	1,2 $\pm$ 0,15b
ELN	54,3 $\pm$ 0,17c	54,5 $\pm$ 0,38c	64,2 $\pm$ 0,25b	66,1 $\pm$ 0,11a
FDN	61,7 $\pm$ 0,26a	58,1 $\pm$ 0,23c	59,3 $\pm$ 0,06b	33,1 $\pm$ 0,23d
FDA	62,2 $\pm$ 0,30b	58,5 $\pm$ 0,42c	66,0 $\pm$ 0,06a	53,0 $\pm$ 0,29d
Lignina	14,1 $\pm$ 0,11a	11,0 $\pm$ 0,15	13,0 $\pm$ 0,11b	8,8 $\pm$ 0,11d
Cenizas	1,5 $\pm$ 0,06a	1,8 $\pm$ 0,15 c	1,1 $\pm$ 0,06n	1,0 $\pm$ 0,17b

Notas: Todos los parámetros presentados fueron evaluados por triplicado, $\bar{x}$ = media
 s =desviación estándar, a,b,c medias con diferente literal en la misma fila difieren
significativamente ($p < 0,05$)

ELN =elementos libres de nitrógeno

FDN =fibra detergente neutra

FDA = fibra detergente ácida

*g MS.= gramos en base seca.

Fuente: Barrientos- Ramírez *et al.* 2012.

Con base en la información del Cuadro 19 (Barrientos-Ramírez *et al.*, 2012) el huizache es de gran valor nutricional, ya que contiene en sus semillas y cáscara 23 % de proteína cruda total, al igual por los aminoácidos que contiene. Es por eso que se considera que las vainas del huizache representan una excelente opción alimenticia para el ganado en épocas de sequía y, además, a bajo costo. Con las vainas del huizache se pueden elaborar mezclas con gramíneas forrajeras para ofrecer una dieta enriquecida con aminoácidos azufrados que complementan los nutrientes requeridos por los animales.

Establecimiento y mantenimiento de la plantación de huizache

De acuerdo con CONAFOR (2017) el manejo de la plantación de huizache es el siguiente:

Preparación del terreno. Se recomienda realizar subsoleo solo cuando existen capas superficiales endurecidas en el suelo, en pendientes mayores al 12 %, para evitar pérdida de suelo, se deberá remover solamente la vegetación donde se plantarán los árboles.

Época de plantación. Se recomienda realizar el trasplante al inicio de la época de lluvia, a principios del mes de junio.

Método de plantación. Cuando el terreno esté limpio, se procederá al acomodo de los arbolitos y, dependiendo de la finalidad de la plantación, las cepas deben ser 3 a 5 veces más amplias que el cepellón de la planta, aunque esto depende de las condiciones del suelo y del clima.

Densidad de plantación. La densidad arbórea depende de la finalidad y el diseño de la plantación en sistemas agroforestales ya que los arreglos tienen diversas combinaciones: los árboles pueden ser plantados en cortinas rompevientos, como árboles dispersos en potreros y cultivos, alineados en pasturas en callejones o plantados en cercas vivas, o si son usados para sombra del ganado y protección del suelo (Barrance *et al.*, 2003).

Protección de la plantación. Para evitar afectación de la plantación se recomienda colocar una cerca perimetral que proteja a la plántula del ramoneo y pisoteo del ganado.

Mantenimiento de la plantación. Se recomienda realizar deshierbes durante los dos primeros años alrededor de cada cepa en un radio de 20 cm.

6.5.4 Literatura citada

Barrance, A., Beer, J., Boshier, D. H., Chamberlain, J., Cordero, J., Detlefsen, G., Finegan, B., Galloway, G., Gómez, M., Gordon, J., Hands, M., Hellin, J., Ibrahim, M., Kass, D., Leakey, R., Mesén, F., Montero, M., Rivas, C., Somarriba, ..., J. y Pennington, T. (2003). Árboles de Centroamérica un manual para extensionistas. OXF/CATIE. Recuperado de: <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/9730>

Barrientos- Ramírez, L., Vargas-Radillo, J.J., Rodríguez-Rivas, A., Ochoa- Ruíz, H.G., Navarro-Arzate, F. & Zorrilla, J. (2012). Evaluación de las características del fruto de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) para su posible uso en curtiduría o alimentación animal. *Madera y Bosques*. 18(3), 23-35.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (2017). *Acacia farnesiana* (L.) Willd. Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/874Acacia%20farnesiana.pdf>

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad) (2017). Ficha técnica *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (1806). En:

http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/38-legum4m.pdf

- Espino, O. V., y Fuentes, M. M. (2005). Agua de origen vegetal para el venado cola blanca mexicano. *Archivos de Zootecnia*. 54(206), 191-196.
- García-Núñez, R. M y Sánchez-Vélez, A. (2016). Árboles y arbustos de uso múltiple con potencial agroforestal en el sur de Guanajuato. Universidad Autónoma Chapingo. págs. 115-125. Recuperado de: http://www.ecorfan.org/handbooks/Handbook_Quimica_Biologia_y_Agro nomia_T1V1/Particiones/12.pdf
- INIFAP (Instituto de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias) (2007). *Fenología y caracterización de la semilla de las especies más utilizadas para la leña en Coahuila. Coahuila, México*. CIRNER. Saltillo. Desplegable Técnico No. 8. Recuperado de: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/190.pdf>
- Landeros-Márquez, O., Tejo-Calzada, R., Reveles-Hernández, M., Valdez-Cepeda, R. D., Arreola-Ávila, J. G., Pedroza-Sandoval, A., y Ruíz-Torres, J. (2011). Uso potencial del huizache (*Acacia farnesiana* L. Will) en la fitorremediación de suelos contaminados con plomo. *Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente*. 17(no.spe), 11-20.
- Lesur, E. L. (2011). *Árboles de México*. Editorial Trillas.
- Niembro, R. A. (1986). *Árboles y arbustos útiles de México: naturales e introducidos*. (1era ed.) Editorial Limusa.
- Ochoa-Esquivel, S. 1984. Uso potencial del ensilaje del huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) en la alimentación de la cabra. (Tesis de grado, Universidad Nacional Autónoma de México, D.F. México).
- Pichardo, G. J.M., Raygoza, S. D. A. & Torres, G. E. (2020). Indicadores físicos y fisiológicos del deterioro artificial de semilla de huizache (*Acacia farnesiana* [L.] Willd.) recolectada en Colón, Querétaro, México. *REMAI, Revista Multidisciplinaria de Avances de Investigación*. 6(1), 2448-5772.
- Rzedowski, J. (2001). *Flora fanerogámica del Valle de México*. (2a ed.). Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.
- Terrones, R. R., González S. C. y Ríos, R. S. (2006). *Arbustivas Nativas del Estado de Guanajuato 2012*. Libro Técnico No.1 (versión electrónica). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. INIFAP. 200 p.
- USDA (U.S. Department of Agriculture). (2004). *Acacia farnesiana*. Recuperado de: www.fs.fed.us/global/iitf/pdf/Acaciafarnesiana.pdf.

6.5.5 Guaje (*Leucaena leucocephala*) (Lam.) de Wit.

La *Leucaena leucocephala* (Figura 16) tiene un alto potencial forrajero conocido en el mundo, sin embargo, en México, es escasamente utilizada. Esta arbórea crece en climas cálidos del trópico pero se adapta muy bien a zonas áridas y semiáridas, rebrota muy bien en época de secas y soporta la defoliación, es utilizada con fines medicinales y como alimento humano, del juste y ramas se obtiene leña, madera y carbón, herramientas y artesanías, es una planta melífera y de ella se extraen aceites esenciales, se usa como tutor en algunos cultivos como café y jitomate, es una especie utilizada en sistemas agroforestales como barrera rompevientos, cultivo en callejones y cercas vivas, controla la erosión, fija nitrógeno, es mejoradora del suelo, conserva el agua en el subsuelo y se utiliza en la fabricación de papel (CONAFOR, s/f).



Figura 16. Árbol de *Leucaena leucocephala*.

Clasificación taxonómica

De acuerdo con la CONABIO

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta (plantas con flores)

Clase: Magnoliopsida (dicotiledónea)

Subclase: Rosidae

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Mimosoideae

Género: Leucaena

Especie: *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, Taxon.

Nombres comunes

La *Leucaena leucocephala* es una arbórea multiusos que recibe gran diversidad de nombres: guaje verde en Morelos y Oaxaca, calloaxin o guaje casero en Puebla, guaje de casa en Guerrero, huaje, guaje blanco, vaxi o yage en el Estado de México, tumbapelo, waaxim (en maya), granadillo bobo, flamboyán falsísimo, guaje, mimosa, macata blanca, panelo, leucaena, peladera granadino, (CONABIO, s/f.).

Descripción botánica

Es una leguminosa, de gran valor nutritivo para complementar la dieta de los rumiantes (Santiago *et al.*, 2016). La *Leucaena leucocephala* produce flores de color blanco dispuestas en cabezuelas, las hojas se reconocen fácilmente tiene más de 10 pares de pinnas, con folíolos elípticos, mucronados o apiculados de 2 a 4.5 mm de ancho de base cuneada, el fruto es de color pardo-rojizo, glabras y lustrosas, el cual tiene más de 1.2 cm de ancho con semillas ubicadas ya sea transversalmente o de forma oblicua (Vibrans, 2011; Grether *et al.*, 2006).

Descripción biológica

Es un árbol o arbusto de 3 a 6 m de altura y en algunas ocasiones alcanza los 12 m de alto, con diámetros de fuste de hasta 25 cm y puede ser caducifolio o perennifolio. De acuerdo con CONABIO (s/f) y Grether *et al.* (2006), las características del árbol de leucaena son:

Raíz. Las raíces suelen ser profundas y extendidas, la raíz primaria penetra en las capas más profundas del suelo que es donde toma el agua y los nutrientes del subsuelo.

Hojas. Son alternas con longitud que va de 9 a 25 cm, bipinnadas, de color verde grisáceo, glabras con 11 a 24 folíolos en pares, con longitudes que van de 8 a 15 mm.

Flores. La *L. leucocephala* tiene flores de pétalos libres con longitud de 4.1 a 5.3 mm, con cáliz que va de 2.3 a 3.1 mm, en las cabezuelas hay de 100 a 180 flores de color blanco con 1.2 a 2.5 mm de diámetro.

Semilla. Las semillas son aplanadas y ligeramente elípticas de color café brillante, con longitud de 3 a 6 mm y dentro de la vaina las semillas están dispuestas transversalmente.

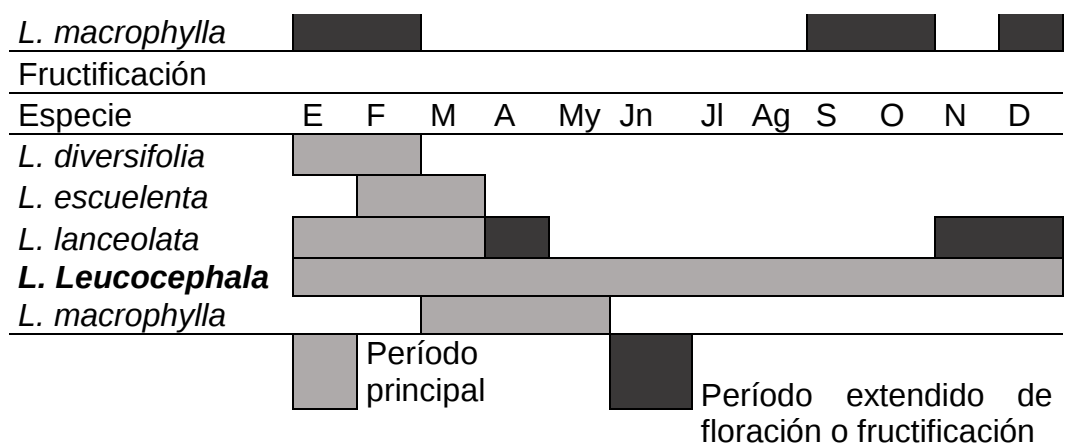
Vainas. Estas son oblongas color verde cuando están tiernas y cafés en la madurez, son estipadas con una longitud que va de 11 a 25 cm y de ancho van de 1.2 a 2.3 cm, colocadas en capítulos florales de 30 vainas o más.

Etapas fenológicas de la especie

De acuerdo con Zárate (1987), el follaje es perennifolio, la floración se da de marzo a mayo y la fructificación ocurre de marzo a septiembre. De acuerdo con diversos autores es una arbórea que produce flor, fruto y follaje, todo el año, aunque depende de la disponibilidad de agua (CONAFOR, s/f; Grether et al., 2006; Wencomo y Ortiz, 2008). En el Cuadro 20 se muestra el comportamiento fenológico de la leucaena.

Cuadro 20. Comportamiento de los patrones fenológicos de floración y fructificación en las especies de *Leucaena* (50% o más).

Floración												
Especie	E	F	M	A	My	Jn	Jl	Ag	S	O	N	D
<i>L. diversifolia</i>												
<i>L. escuelenta</i>												
<i>L. lanceolata</i>												
<i>L. Leucocephala</i>												



E= Enero; F= Febrero; M= Marzo; Abril; My= Mayo; Jn= Junio; Jl= Julio; Ag= Agosto; S= Septiembre; O= Octubre; N= Noviembre, D= Diciembre.

Fuente: Wencomo y Ortiz, 2008.

Distribución natural

En México, esta arbórea se distribuye ampliamente, en los estados de: Baja California Sur, Tamaulipas, Sonora, Coahuila, Sinaloa, Colima, San Luis Potosí, Durango, Querétaro, Puebla, Jalisco, México, Michoacán, Morelos, principalmente en el Istmo de Tehuantepec (Oaxaca, Veracruz, Chiapas y Tabasco) y en la península de Yucatán (Campeche, Quintana Roo y Yucatán) (Grether *et al.* 2006; Zárate, 1987).

Hábitat y especies asociadas

El hábitat predilecto de la leucaena es el matorral xerófilo, pero también se desarrolla en regiones tropicales y subtropicales. En cuanto al suelo, prefiere los calizos, negros, pedregosos, con pH neutro o alcalino que van de 6,5 a 7,5, no tolera los suelos ácidos, se desarrolla en elevaciones que van de los 0 a 2080 msnm, adaptándose a diversas condiciones climáticas, debido a esta gran adaptabilidad se asocia con diversas especies arbóreas, entre ellas: *Bursera simaruba* (L.) Sarg., *Brosimum alicastrum* Sw., *Manilkara zapota* (L.) P.Royen, *Mirandaceltis monoica* (Hemsl.) Sharp, *Pseudobombax elliptica* (Kunth) Dugand, *Pseudolmedia oxyphyllaria* Trécul (Grether *et al.*, 2006; Solorio y Solorio, 2008; Zárate, 1987).

Uso e importancia

Uno de los principales usos que se le da a la *L. leucocephala* es como alimento para el ganado, ya que, al ser leguminosa, es potencialmente buena forrajera. De acuerdo con Dago *et al.* (2020) la leucaena se utiliza como amortiguador en la alimentación del ganado y, en época de secas, es una excelente opción al momento de implementar sistemas silvopastoriles, además de que aporta nitrógeno al suelo del cual se benefician otras especies con las que se asocia; sus tallos y ramas son también utilizados como leña, aromatizante, material de construcción, elaboración de cosméticos y productos de higiene personal, producción de resinas para uso industrial, producción de madera; en la medicina tradicional se utiliza en el tratamiento de diversas afecciones como; tos, asma, bronquitis, catarro, laringitis, abscesos, tuberculosis, torceduras, heridas externas, sarna, piojos, ácaros, dismenorrea, disentería, diarrea, leucorrea, reumatismo, enfermedades venéreas, úlceras, reumas y dolor de cabeza (Espinoza *et al.*, 2005).

Con base en la información del Cuadro 21 (Santiago *et al.*, 2016) la leucaena tiene gran valor nutricional, ya que contiene 24.17 % de proteína cruda total, además de contener minerales que enriquecen la dieta del ganado.

Cuadro 21. Composición nutrimental de la *Leucaena leucocephala* asociada con *Cynodón nlemfuensis* en un sistema silvopastoril intensivo.

Componente	Especie		EEMx	Pr<Fy
	Leucaena	Pasto estrella		
EE (%)	3.42a	1.13b	0.15	0.001
PC (%)	24.17a	8.88b	0.38	0.001
FDA (%)	23.63b	55.6a	1.93	0.001
FDN (%)	49.02b	78.23b	1.39	0.001
Ca (%)	0.23a	0.15b	0.01	0.001
Na (%)	0.22a	0.21a	0.01	0.216
Mg (%)	0.33a	0.18b	0.01	0.001
K (%)	2.06	2.06	0.03	0.948
P (%)	0.28a	0.14b	0.01	0.001
Ca:P	0.81b	1.14a	0.02	0.001
Cu(ppm)	11.32a	3.58b	0.1	0.001
Fe (ppm)	141.2a	108.1b	0.76	0.001
Zn (ppm)	22.1a	21.72a	0.21	0.216

EE= extracto etéreo; PC= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; ab= medias con diferente literal muestran diferencias significativas entre columnas; x= error estándar de la media; y= nivel de significancia.
Fuente: Santiago *et al.*, 2016.

Establecimiento y mantenimiento de la plantación de Luecaena

De acuerdo con la Unión Ganadera Regional de Jalisco (UGRJ, 2022), los pasos para el establecimiento y mantenimiento de una plantación de leucaena son los siguientes:

Preparación del terreno. La preparación del terreno es muy similar a la de otros cultivos, en laderas se puede plantar en cepas, o en surcos cuando la siembra es directa al suelo.

Época de plantación. Si la plantación es en terrenos con riego, la siembra o trasplante se realiza 60 días antes del periodo de lluvias. Si es en terreno de temporal, se recomienda realizar la plantación después de iniciadas las lluvias, la humedad adecuada es el mejor aliado de la especie para lograr el mejor desarrollo en cuanto a la nodulación, lo cual a su vez ayuda en el proceso de fijación del nitrógeno y el crecimiento de la planta (Solorio y Solorio, 2008)

Método de plantación. El espaciamiento entre plantas depende de la finalidad de la plantación. Si se va a pastorear, se recomienda separar los surcos de 90 a 150 cm, y en asociación con pastos se debe sembrar en franjas de 3 a 5 surcos y alternar el pasto de igual forma. Si la reproducción es por esquejes, se recomiendan realizar hoyos con profundidad de 2 a 3 cm. La forma que ha presentado mejores resultados es por trasplante con plántulas de 40 cm de altura. Este método acorta significativamente el tiempo de espera para el aprovechamiento ganadero (UGRJ, 2022; Solorio y Solorio, 2008).

Densidad de plantación. La densidad de plantas a establecer depende de la finalidad que se le dé a la plantación y el método de propagación. Por ejemplo, si la propagación es por semilla, se requieren de 15 a 20 kg ha⁻¹ para lotes

compactos. Para lotes de pastoreo se requiere de 6 a 10 kg ha⁻¹. Si se siembra junto con la semilla de pasto, la semilla requiere de escarificación.

Protección de la plantación. Se recomienda delimitar y cercar el área sembrada para evitar daños al cultivo por el ganado o la fauna silvestre.

Mantenimiento de la plantación. Se deben realizar deshierbes manuales o mecánicos durante las primeras etapas de crecimiento, y no se deben aplicar herbicidas porque la planta se afectaría. Esta leguminosa no requiere de aplicaciones de nitrógeno, pero si está establecida en suelos pobres se recomienda aplicar de 30 a 60 kg ha⁻¹ de nitrato de amonio de manera anual.

Como en todos los cultivos, existen plagas que afectan a las plantas durante el establecimiento y crecimiento. Algunas plagas en el cultivo de la leucaena son: hormiga arriera, pulgón y gusano cogollero, también puede ser afectada por roya o chauixtle; para su control, se pueden aplicar insecticidas comerciales, realizar asociación de cultivos para minimizar la aparición de plagas o sembrar variedades resistentes.

6.5.6 Literatura citada

CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). (s/f). Ficha técnica *Leucaena leucocephala*. Recuperado de: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/44-legum26m.pdf

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (s/f). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de wit. Recuperado de: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/939Leucaena%20leucocephala.pdf>

Dago, D. Y., Milian D. J.C., Calzadilla, R. K., Redonet, M. M. A., López, Q. Y. y Hernández, G. L. (2020). Uso potencial de *Leucaena leucocephala* Lam. (leucaena) presente en sistemas agroforestales de Pinar del Río. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 8(1), 154-162.

Espinoza, M. F., Díaz, Y., Argenti, P, Quintana, H. y León, L. (2005). Uso de la harina de leucaena (*Leucaena leucocephala*) en la alimentación de corderos post-destete en la época seca. *Revista Facultad de Agronomía*. 20(1), 42-53.

- Grether, R., Martínez-Bernal A., Luckow M. y Zárate S., (2006). Mimosaceae. Tribu Mimoseae. En: Dávila A., P. D., J. L. Villaseñor R., R. Medina L. y O. Téllez V. (2006). *Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán*. Fascículo 44. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. Recuperado de: <http://www.ibiologia.unam.mx/BIBLIO68/fulltext/fasiculosfloras/F44.pdf>
- Santiago, F. I., Lara, B. A., Miranda, R. L.A., Huerta, B. M. Krishnamurthy, L y Muñoz-González, J.C. (2016). Composición química y mineral de leucaena asociada con pasto estrella durante la estación de lluvias. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7(16), 3173-3183.
- Solorio, F., y Solorio, B. (2008). Manual de manejo agronómico de *Leucaena leucocephala*. *Leucaena leucocephala* (guaje), una opción forrajera en los sistemas de producción animal en el trópico. 1–44. Retrieved from antoniovyckovilchez.files.wordpress.com/2011/12/17062008064842-manual20uso20leucaena.pdf
- UGRJ (Unión Ganadera Regional de Jalisco). (2022). *Leucaena o Huaje*. Recuperado de: http://www.ugrj.org.mx/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=446
- Vibrans, H. (2011), Ficha: Malezas de México. CONABIO. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/leucaena-leucocephala/fichas/ficha.htm#:~:text=Descripci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica&text=H%C3%A1bito%20y%20forma%20de%20vida,%2C%20C3%A1speras%2C%20pardo%20Drojazas>.
- Wencomo, C .H. B. (2008). Evaluación morfoagronómica e isoenzimática y selección de accesiones de *Leucaena sp.* Con fines silvopastoriles. (Tesis doctoral, Instituto Nacional De Ciencias Agrícolas. La Habana).
- Zárate, S. (1987). *Leucaena leucocephala*. SEMARNAT. *Phytologia* 63 (4), 304-306.

6.5.7 Zacate Buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)

El zacate buffel (Figura 17) es una herbácea forrajera importante en el noroeste y noreste de México, es un pasto amacollado altamente productivo, muy digestible y adaptable, el cual se establece en condiciones climáticas adversas, es tolerante a la sequía, es perenne y su mayor crecimiento lo obtiene en el verano. Dependiendo de su modo de crecimiento, se puede encontrar en mechones o grupos o en colonias apelmazadas y densas, presenta una vida útil de 10 años o más dependiendo del manejo, se considera un pasto nutritivo,

palatable y resistente al pastoreo (López-Chuken, 2011; Hauser, 2008; Magness *et al.*, 1971).



Figura 17. Zacate buffel
(*Cenchrus ciliaris* L.).

Clasificación taxonómica

De acuerdo con Hatch y Hussey (1991), la clasificación taxonómica del zacate buffel es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta (plantas con flores)

Clase: Liliopsida (monocotiledónea)

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Género: *Cenchrus*

Especie: *Cenchrus ciliaris* L.

Nombres comunes

Los nombres locales del *Cenchrus ciliaris* son: cadillo bobo, capim buffel, zacate buffel, blou-buffelgrass, pasto salinas, blue buffalograss, munana, bufalo grass, k'arangiwarzbin, buffel grass, sibouss, anjan grass, blue buffel, bunch grass, trongatse, african foxtail, guezmir, rhodesian foxtail, kollukattai grass, bunch

grass, charwa ó dhaman grass (López-Chuken, 2011; Heike-Vibrans, 2009; CONAFOR, s/f).

Descripción botánica

El zacate buffel es un pasto perenne, amacollado, que forma matas cespitosas dependiendo del sitio donde se desarrolla, y alcanza de 15 a 150 cm de altura (según la variedad), crece durante todo el año, pero el mayor crecimiento ocurre en el verano (López-Chuken, 2011).

Descripción biológica

De acuerdo con Hauser (2008) la descripción biológica del Zacate buffel es la siguiente:

Planta. Gramínea perenne, que va de 10 a 70 cm de altura, pasto amacollado en forma de plantas Cespitosas (Beltrán *et al.*, 2017).

Tallo. Frecuentemente es delgado y anguloso de altura variable que va de 15 a 120 cm, y en algunas variedades alcanza los 150 cm.

Hojas. Las hojas del pasto buffel son de color verde azulado, van de los 3 a los 10 cm de longitud, aunque delgadas de 5 a 12 mm.

Inflorescencia. La inflorescencia es una panícula compacta que va de 2.5 a 12 cm de longitud y su forma difiere dependiendo del lugar en el que se está desarrollando.

Flores. Son de color púrpura, las cuales están unidas a las espiguillas biflosculares, una es estaminada y se encuentra en la parte inferior, y la otra es hermafrodita ubicada en la parte superior. Ambas se encuentran cubiertas por un involucro plumoso de pelos alargados que va de 6 a 8 mm de longitud y están unidos a la parte inferior de la espiguilla (Heike-Vibrans, 2009).

Espiguillas. Las espiguillas miden de 2 a 5.6 mm de longitud y se presentan en grupos de 2 a 4 (Hauser, 2008).

Semillas. La semilla del pasto buffel es una cariósida ovoide, con longitud de 1.4 a 1.9 mm y de 0.4 a 1 mm de ancho. La producción de semilla comienza aproximadamente a los 3 meses de edad de la planta dependiendo de las condiciones de humedad del suelo. Cada semilla viene cubierta con púas que ayudan a la dispersión de la semilla, además de ser muy ligera.

Raíces: Las raíces de este pasto pueden alcanzar los 6 m de profundidad en el suelo, son raíces fibrosas y en variedades cultivadas presentan rizomas.

Etapas fenológicas de la especie

El zacate buffel inicia su crecimiento a finales del invierno, floreciendo desde la primavera hasta el otoño. El desarrollo del pasto buffel depende de la temperatura ambiental, las hojas comienzan a crecer cuando las temperaturas mínimas llegan a 10 °C y el crecimiento del tallo se da cuando la temperatura incrementa de 15 a 20 °C. Respondiendo rápidamente a las lluvias de primavera y en el caso de la zona desértica a las precipitaciones erráticas de primavera y verano (Hauser, 2008).

Distribución natural

El pasto buffel, se encuentra principalmente en ecosistemas áridos como: pastizales, matorrales, selva baja caducifolia, campos de cultivo, a orillas de camino, áreas perturbadas, potreros establecidos, en suelos arcillosos y en pastizales inducidos. En estas condiciones, este pasto se encuentra naturalizado en varios estados de la república como: Zacatecas, Yucatán, Veracruz, Tamaulipas, Sonora, Sinaloa, San Luis potosí, Querétaro, Puebla, Oaxaca, Nuevo León, Nayarit, Morelos, Jalisco, Guanajuato, Guerrero, Estado de México, Durango, Colima, Coahuila, Baja California Sur y Aguascalientes (CONAFOR, s/f).

Hábitat y especies asociadas

El zacate buffel se adapta a climas secos y cálidos, así que se puede encontrar en el matorral espinosos y comunidades vegetales desérticas. Es común en las

zonas semiáridas del norte de México ya que es resistente a la sequía y al pastoreo extensivo. Las temperaturas optimas en que se desarrolla bien el pasto buffel van de 25 a 35°C, se adapta a diversos tipos de suelo, aunque no tolera suelos que se encharquen o inunden (Namur *et al.*, 2014; Hauser, 2008).

El pasto buffel se asocia con otras especies como: *Encelia farinosa* Torr. & A.Gray (arbusto quebradizo), *Acacia* sp. Willd. (acacias), *Mimosa distachya* var. *Laxiflora* (Benth.) Barneby, (Mimosa de Arizona), *Prosopis glandulosa* var. *glandulosa* (mezquite), *Larrea tridentata* (Sessé & Moc. ex DC.) Coville, *Atriplex* sp. L., *Ambrosia* sp. L., *Olneya tesota* A. GRAY (palo fierro del desierto), *Parkinsonia microphylla* (Torr.) Rose & I. M. Johnst. (palo verde amarillo), *Carnegiea gigantea* Britton & Rose (saguaro), *Prosopis* sp. L. (mezquites), *Opuntia* sp. MILL (nopal) y *Agave* sp. L. (maguey) (Hauser, 2008).

Usos y valor forrajero

Además de ser un excelente forraje (ya sea de manera directa, de corte en ensilaje o henificado) el pasto buffel se utiliza para estabilizar el suelo, prevenir erosión, captar agua “in situ”, mejora del paisaje, mejoramiento de suelos, revegetación, también se le atribuyen propiedades medicinales y es usado para curar llagas, heridas, tumores y para afectaciones del riñón, es un analgésico, lactógogo en el periparto y emoliente (Hauser, 2008; Centre for Agricultural Bioscience International [CABI], 2020; Martínez, 2019; Loredó *et al.*, 2005). El valor nutricional del zacate buffel se muestra en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Valor nutricional de las variedades de pasto buffel Titán y buffel Regio en floración (F) y madurez (M) como porcentaje de la materia seca.

Variedad	Materia seca (%)	PC		PD		Cenizas		Calcio		Fósforo	
		F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
Regio	39	5.8	3.3	2.9	1.9	14.3	12.0	0.32	0.43	0.09	0.03
Titán	42	6.1	4.0	4.2	2.6	15.3	12.6	0.31	0.39	0.13	0.08

PC= Proteína cruda; PD= Proteína digestible

Fuente: Beltrán *et al.*, 2017

Establecimiento, mantenimiento y manejo

De acuerdo con Namur *et al.* (2014) los pasos para el establecimiento, mantenimiento y manejo del Zacate Buffel son los siguientes:

Preparación del terreno. Se puede utilizar maquinaria si el terreno es de poca pendiente o se puede preparar el terreno de manera manual si la pendiente no permite el uso de implementos.

Época de siembra. Se recomienda sembrar las semillas del pasto buffel al inicio del periodo de lluvias.

Método de siembra. El establecimiento del pasto buffel depende de las condiciones del terreno: si tiene poca pendiente, se puede hacer rolado, ya que este método de siembra ahorra trabajo, tiempo y esfuerzo, para ello, se realiza limpieza, desmonte y siembra al mismo tiempo. La siembra se puede hacer mecanizada o manual cuando las condiciones de la pendiente no permiten el uso de algún implemento. En el caso de que la siembra sea manual se puede usar al mismo ganado como herramienta de arado ya que las pezuñas del ganado ponen a la semilla en contacto con el suelo. La profundidad de siembra de la semilla no debe exceder los 1.5 cm, y en todos los casos se siembra al voleo. Es importante realizar la siembra por la mañana, para evitar que el aire interfiera (Loredo *et al.*, 2005).

De acuerdo con Hauser (2008), las semillas de zacate buffel germinan mejor en la superficie del terreno y va disminuyendo dependiendo la profundidad de siembra y el tamaño de la semilla. Este autor menciona también que las semillas grandes germinan mejor que las pequeñas, pero el tamaño de semilla no afecta la supervivencia de las plántulas.

Densidad de siembra. La densidad de siembra del pasto buffel depende de las condiciones del terreno y del porcentaje de germinación de la semilla, aunque la densidad óptima es de aproximadamente 2.8 kg ha⁻¹.

Protección de la siembra. Es conveniente excluir al ganado del área sembrada durante al menos cuatro meses para permitir el correcto

enraizamiento de la planta y que esta tenga reserva de nutrientes al momento del primer pastoreo.

Mantenimiento y manejo. Para mantener el pasto en buen estado, se debe aislar a los animales al menos durante el primer año de establecido el cultivo con la finalidad de que el enraizamiento sea suficiente para almacenar reservas que ayuden al macollo a emitir nuevos rebrotes y para que el ganado no dañe y arranque las plantas jóvenes. Para el segundo año y los siguientes se recomienda dar los periodos de descanso suficientes antes del siguiente pastoreo para permitir el óptimo crecimiento y desarrollo del pastizal.

6.5.8 Literatura citada

- Beltrán, L. S., García, D. C. A., Loredó, O. C., Urrutia, M. J., Hernández, A. J. A. y Gámez, V. H. G. (2017). "Titán" y "Regio", variedades de pasto Buffel (*Pennisetum ciliare*) (L.) para zonas áridas y semiáridas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 8 (3), 291-295.
- CABI (Centre for Agricultural Bioscience International) (2020). *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International. Recuperado de: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/14502>
- CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). (s/f). *Ficha técnica de especies invasoras*. CONABIO, gef, PNUD. Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257305/Cenchrus_-_Anthoxanthum_-_Ricinus_-_Casuarina_-_Eragrostis.pdf
- Hatch, S. L. y Hussey, M. A. (1991). *Origen, taxonomía y oportunidades de mejora genética de zacate buffel y especies afines*. En resúmenes del VII Congreso Nacional. SOMMAP. Cd. Victoria, Tamaulipas, México. págs. 3-13.
- Hauser, A. S. (2008). *Pennisetum ciliare*. In: Fire Effects Information System, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). Recuperado de: <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/graminoid/pencil/all.html>
- Heike-Vibrans (2009). Ficha técnica *Pennisetum ciliare* (L.) = *Cenchrus ciliaris* L.) Zacate buffel. CONABIO. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/pennisetum-ciliare/fichas/ficha.htm>
- López-Chuken, U. L. (2011). Zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.). Un estudio sobre los efectos de pastoreo simulado y fertilización sobre su productividad y calidad nutritiva. págs. 74. Recuperado de:

<https://www.grin.com/document/300540#:~:text=Clasificaci%C3%B3n%20Taxon%C3%B3mica%20del%20zacate%20buffel,-Abbildung%20in%20dieser&text=Algunos%20bot%C3%A1nicos%20consideran%20que%20al,Link>.

- Loredo, O. C., Beltrán, L. S., Villanueva, D. J. y Urrutia, M. J. (2005). Establecimiento de pasto buffel para el control de la erosión hídrica. Inifap. Folleto técnico No. 26. Recuperado de: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/103.pdf>
- Magness, J. R., Markle, G. M. y Compton, C.C. (1971). Food and feed crops of the United States. Interregional Research Project IR-4, IR Bul. 1 (Bul. 828 New Jersey Agr. Expt. Sta.). Recuperado de: <https://hort.purdue.edu/newcrop/Crops/Bufelgrass.html>
- Martínez, V. F. (2019), Pasto Búffel, Carretero (*Cenchrus ciliaris*). Recuperado de: https://mega.nz/file/CZ421axB#asvJEv6qrT_bS7zBsvX6Jrx1ksDZMHlQlXuCrEV5mglv
- Namur, P., Tessi, J.M., Ávila R. E., Rettore, H.A. y Ferrando, C.A. Buffel Grass. Generalidades, implantación y manejo para recuperación de áreas degradadas. INTA. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_buffel_grass.pdf

6.5.9 Zacate Banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.)

El zacate banderita (Figura 18) es una gramínea perene nativa de zonas áridas y semiáridas de México, específicamente del norte, la cual es muy aceptada por el ganado y tiene un alto valor forrajero, se adapta a diferentes condiciones climáticas y edáficas, soportando bajas precipitaciones incluso sequía, se considera altamente adaptable, es ampliamente utilizada en programas de resiembra por ser altamente digestible y la segunda gramínea nativa más importante en las zonas áridas. Se caracteriza porque presenta espiguillas sésiles colocadas en dos columnas de un solo lado a lo largo del raquis, flor bien desarrollada, la planta alcanza una altura que va de los 30 a 100 cm (Corrales *et al.*, 2016; Morales-Nieto, 2017; García-Sánchez y Monroy-Ata, 2005).



Figura 18. *Bouteloua curtipendula*.

Clasificación taxonómica

De acuerdo con Soreng *et al.* (2013) la clasificación taxonómica del zacate banderita es la siguiente:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Liliopsida

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Chloridoideae

Género: Bouteloua

Especie: *B. curtipendula* (Michx.) Torr.

Nombres comunes

Los nombres comunes con los que se conoce al *B. curtipendula* son: zacate banderita, zacate banderilla, banderilla, grama del cerro o avenilla (Soreng *et al.*, 2013).

Descripción botánica

El zacate banderita es un pasto nativo perenne, que va de 30 a 100 cm de longitud, ramificado, con tallos de color verde, cilíndricos, hojas alternas de 20 cm de largo por 6 mm de ancho, las hojas de mayor tamaño presentan venaciones al centro, el tallo consta de 30 a 50 espigas colgantes, cada espiguilla tienen un par de glumas y un par de lemas, solo una de ellas es fértil, de raíces fibrosas, el hábito de crecimiento depende de las condiciones en las que se desarrolla este pasto y puede crecer como un césped denso o como plantas dispersas (Hitchcock, 1951).

Forma biológica

De acuerdo con Herrera- Arrieta *et al.* (2008) la descripción del zacate banderita es la siguiente:

Planta. Gramínea perenne, generalmente cespitosa, ocasionalmente presenta rizomas, culmo recto y alto que va de los 30 a 100 cm, de 2 a 3 entrenudos, glabros, vainas con pelos de 1 mm de longitud, laminas foliares de 5 a 35 cm de largo y de 3 a 7 mm de ancho.

Tallo. Frecuentemente delgado, erecto, alcanza una longitud de 30 a 80 cm, de color purpura en los nudos.

Hojas. Las hojas del pasto banderita son de color verde azulado, glabras o poco escamosas, de longitud que va de 2 a 30 cm y ancho 2.5 a 5 mm, presenta limbos planos o un poco involutos en el margen de las hojas, en el collar tiene vellos blancos.

Inflorescencia. La inflorescencia es un racimo de 12 a 80 espiguillas de 6 a 8 mm de longitud, las cuales se acomodan unilateralmente, deciduas en la

madurez es decir caen con el raquis, el raquis es ancho y aplanado, con racimos colgantes o abiertos, torcidos hacia un solo lado, lema fértil sin quilla, la nervadura central se puede observar hasta la base, las nervaduras se convierten en aristas que se encuentran en los laterales.

Semillas. Las semillas son granos sueltos, con dimensiones de 3 mm de ancho y 1 mm de largo, de forma alargada que pesan 0.68 mg y es de color café claro.

Raíces. El sistema radicular de este zacate es fibroso y con frecuencia presenta rizomas duros y escamosos.

Etapas fenológicas de la especie

La floración comienza a mediados del verano y se extiende hasta el otoño, después de transcurrido este tiempo la espiga cae (Beltrán *et al.*, 2007).

Distribución natural

El zacate banderita tiene una amplia distribución en México y Estados Unidos. En México se encuentra en los estados de: Zacatecas, Veracruz, Tamaulipas, Tlaxcala, San Luis Potosí, Sonora, Querétaro, Puebla, Oaxaca, Nuevo León, Morelos, Michoacán, Estado de México, Jalisco, Hidalgo, Guerrero, Guanajuato, Ciudad de México, Durango, Chihuahua, Coahuila, Chiapas, Baja California Norte, Baja California Sur y Aguascalientes (Herrera-Arrieta *et al.*, 2004; Herrera-Arrieta *et al.*, 2008; INIFAP, 2015).

Hábitat y especies asociadas

El zacate banderita se adapta a diversos climas, prefiriendo los pastizales y el matorral xerófilo, desarrollándose con precipitaciones de 250 a 1140 mm y altitudes de 100 a 2700 msnm (Gould, 1979; Beltrán *et al.*, 2007). Se adapta a diversos tipos de suelos, arcillosos, arenosos, ígneos o calcáreos, pedregosos, poco profundos, presentando mejor desarrollo en suelos con textura fina, con pH que van de 6.5 a 7.5. Las temperaturas óptimas en la que se desarrolla el pasto banderita van de 18 a 22 °C. Se puede asociar con las especies

presentes en el matorral, bosques de huizache y bosques de mezquites (Herrera, 2012).

Usos y valor forrajero

El pasto banderita, además de ser excelente forraje para el ganado y la fauna silvestre, también se utiliza para restaurar praderas, como material de nidación, en la conservación, formación y mejoramientos de suelos, conservación e infiltración de agua en el suelo, hábitat de poblaciones silvestres (Quero *et al.*, 2017). En cuanto al valor nutrimental el pasto banderita, se considera uno de los mejores pastos por que conserva su calidad nutricional y palatabilidad aún seco, así que puede ser utilizado en cualquier época del año (INIFAP, 2015). En el Cuadro 23 se presenta el análisis bromatológico realizado en el campo experimental San Luis Potosí (INIFAP, 1977, citado por Beltrán *et al.*, 2007).

Cuadro 23. Análisis bromatológico de *Bouteloa gracilis* y *B. curtipendula* de las variedades Navajita Cecilia y Banderilla Diana.

Pasto	Proteína cruda (%)		Proteína digestible (%)		Cenizas (%)		Calcio (%)		Fósforo (%)	
	F	M	F	M	F	M	F	M	F	M
Banderilla Diana	8.6	3.6	6.4	2.1	10.7	12.7	0.29	0.21	0.08	0.03
Navajita Cecilia	9.7	3.4	6.3	1.5	11.9	11.2	0.26	0.24	0.09	0.04

*(F). En floración y (M) en madurez.

Fuente: INIFAP, 1997 citado por Beltrán *et al.*, 2007.

Establecimiento, mantenimiento y manejo

De acuerdo con Beltrán *et al.* (2007) para la correcta implementación del zacate banderita es necesario tomar en cuenta diversos factores. Debido a que la resiembra de pastos es costosa se requiere que se elijan de manera adecuada los sitios a revegetar y, dependiendo de las condiciones del terreno, es la forma en que se llevan a cabo las siguientes actividades de establecimiento:

Elección de variedad de pasto y terreno de siembra. La selección de la variedad de semilla a utilizar en la revegetación es importante, y se debe tomar en cuenta las condiciones climáticas y edáficas para que el pasto banderita se establezca correctamente como un componente del agostadero. Por lo general, en México se recomiendan las especies nativas como navajita y banderita en las zonas semiáridas, sin embargo, también otros pastos como llorón, garrapata, y buffel, se adaptan a las condiciones áridas y semiáridas de México (INIFAP, 2015).

Preparación del terreno. Se realiza limpieza selectiva de especies vegetales, eliminando aquellas que no son consideradas forrajeras y conservando aquellas que son útiles. Se puede realizar esta labor con maquinaria preparando la tierra con rastra, barbecho o subsuelo, dependiendo de los materiales con los que se cuente y las condiciones del terreno, en terrenos planos se pueden utilizar implementos con las mismas labores que se usan para la siembra de maíz y, cuando las pendientes no permiten el uso de maquinaria se puede preparar el terreno manualmente (INIFAP, 2015).

Época de siembra. Se recomienda sembrar las semillas de pasto banderita al inicio de la temporada de lluvias. De acuerdo con las condiciones de cada región será entre mayo y junio, de igual forma se puede realizar la siembra de la semilla antes de que comience el periodo de lluvias, aunque implicaría pérdida de semilla por factores ambientales o plagas.

Método de siembra. El establecimiento del pasto banderita depende de las condiciones del terreno: si tiene poca pendiente, se puede realizar de forma mecanizada utilizando sembradora especial para granos pequeños, o bien, si la pendiente es pronunciada, se realiza de manera manual sembrando la semilla al voleo y tapándola con rastra de ramas, teniendo cuidado de no enterrar la semilla más de siete veces su tamaño. Para que la siembra sea más efectiva es necesario realizar obras de conservación de suelo y agua, como: surcado al contorno, bordos en curvas a nivel y/o surcado Listter, especialmente en zonas áridas y semiáridas, dado que en estas regiones el agua es un factor limitante.

Otra práctica es el trasplante: se producen las plántulas en el vivero y posteriormente son llevadas a campo al iniciar el periodo de lluvias, y si se realizan obras de conservación en la zona de trasplante el porcentaje de éxito aumenta, llegando a superar el 90 %.

Densidad de siembra. La densidad de siembra recomendada es de 5 kg por ha, siempre y cuando la semilla supere el 80 % de germinación y de pureza, factores de los cuales depende el éxito y densidad de la siembra.

Protección de la siembra. Se debe aislar del ganado para evitar la pérdida de plántula, esto al menos en el primer ciclo después de establecida la siembra, en algunos casos es posible aislar el terreno cultivado con alambre de púas.

Mantenimiento y manejo. Para mantener en buen estado el pasto se debe esperar al menos un año para ingresar el ganado, por lo que se recomienda cercar el potrero. Posteriormente, se debe realizar un plan de pastoreo que permita periodos de descanso suficientes para que el pasto se desarrolle y establezca de manera óptima.

6.5.10 Literatura citada

- Corrales, L. R., Morales, N. C.R., Melgoza, C. A., Sierra, T. J. S., Ortega G. J. A. y Méndez, Z. G. (2016) Characterization of varieties of sideoats grama grass [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] recommended for rangeland restoration. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 7(2), 201-211.
- Beltrán, L. S., Loredó, O. C., Nuñez, Q. T., González, E. A., García, D. C. A., Hernández, A. J. A., Urrutia, M. J. y Gámez, V. H. G. (2007). Navajita Cecilia y Banderita Diana pastos nativos sobresalientes para el altiplano de San Luis Potosí. (Establecimiento y producción de semilla). Folleto técnico No. 33. P. 38. Recuperado de: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Promociones/2015/Foll.%20Tec.%20033%20Navajita%20Cecilia%20y%20Banderita%20Diana.pdf>
- García-Sánchez, R. y Monroy-Ata, A. (2005). Micrositios del pasto navajita (*bouteloua gracilis*) en comunidades de pastizal y de matorral del altiplano mexicano. *Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*. 8(2), 61-70.

- Gould, F. (1979). The genus *Bouteloua* (Poaceae). *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 66(3), 348-416.
- Herrera, A. Y. (2012). Florística de las gramíneas de Chihuahua. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Unidad Durango. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No.GE003. México D.F. Recuperado de: <http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfGE003.pdf>
- Herrera-Arrieta, Y., Peterson P. M. y De la Cerda-Lemus, M. (2004). Revisión de *Bouteloua* Lag. (Poaceae). Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional (CIIDIR), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Filo de Agua. Durango, México. págs. 187.
- Herrera-Arrieta, Y., Peterson, P.M. y Valdés, R. J. (2008). *Bouteloua* (Poaceae: Chloridoideae: Cynodonteae: Boutelouinae) del noreste de México. *Journal of the Botanical Research Institute of Texas*. 2(2), 917-981.
- Hitchcock, A. (1951). Manual of the grasses of the United States. (2da ed.). Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Administration. 1051 p. Recuperado de: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/26637#page/1/mode/1up>
- INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2015). Establecimiento de pastos nativos e introducidos en zonas semiáridas de México. SAGARPA. Recuperado de: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/998.pdf>
- Morales-Nieto, C. R., Corrales-Lerma, R., Álvarez-Holguín, A., Villarreal-Guerrero, F. y Santellano-Estrada, E. (2017). Caracterización de poblaciones de pasto banderita (*bouteloua curtipendula*) de México para seleccionar genotipos con potencial para producción de semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana*. 40(3), 309-316.
- Quero, C. A. R., Miranda, J. L. y Villanueva-Ávalos, J. F. (2017). Recursos genéticos de gramíneas para el pastoreo extensivo. Condición actual y urgencia de su conservación ante el cambio climático. *Revista Avances en Investigación Agropecuaria*. 21(3), 63-85.
- Soreng, R. J., Davidse, G., Peterson, P. M., Zuloaga, F.O., Judziewicz, E. J., Filgueiras, T. S., Monrrone, O. N. y Romaschenko, K. (2013). A World-wide Phylogenetic Classification of Poaceae (Gramineae): grama, grasses, etc.

6.6 Discusión

Las monografías de las especies arbóreas y herbáceas seleccionadas para rehabilitar los agostaderos del ejido Santa Bárbara de Cadereyta, Qro., contienen datos importantes en cuanto a clasificación botánica, nombres comunes, distribución, marco ecológico, especies asociadas, usos e importancia, establecimiento y manejo de las plantas forrajeras en la región de estudio.

Las especies investigadas fueron:

1. Mezquite (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst.)
2. Huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.)
3. Guaje (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.)
4. Zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)
5. Zacate banderita (*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.)

De acuerdo con la información etnobotánica todas estas especies vegetales son utilizadas como forraje.

De igual modo, todas las plantas investigadas cuentan con información científica que avala sus propiedades forrajeras y análisis bromatológicos que lo confirman.

La especie arbórea que más mencionaron los productores fue el mezquite, ya que es el forraje más disponible durante la temporada de seca y en el invierno y contiene propiedades proteícas como indica INIFAP (2004) que contiene de 12 a 16 % de proteína cruda y 43 % de digestibilidad y recomienda utilizar el mezquite en la suplementación del ganado dado que también aporta energía por los azúcares solubles con los que cuenta, ofreciendo así un suplemento económico y nutritivo.

En cuanto al huizache (*Acacia farnesiana*), de acuerdo con Barrientos-Ramírez *et al.* (2012), puede ser utilizado de forma segura en la alimentación del ganado ya que se asimila mejor en el rumen por el contenido de taninos en la vaina y semilla, asimismo, la semilla presenta 23 % de proteína, lo cual enriquece la dieta del ganado.

La *Leucaena leucocephala*, de acuerdo con Martínez-Hernández *et al.* (2019), al incorporar esta arbórea en los sistemas productivos, el ganado y el ambiente tienen grandes beneficios; el ganado emite menor cantidad de metano (CH₄), el consumo de minerales, proteína y de ácidos grasos se incrementa, debido a que el contenido de proteína es del 22 al 25 % y la digestibilidad va del 55 al 66 %. De igual modo, al incorporar la leucaena como forraje de manera planificada la ganancia de peso va de 693 a 851 g por día.

En cuanto al zacate banderita (*Bouteloua curtipendula*) y zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*), ambas son forrajeras por excelencia adaptadas a condiciones adversas, y son altamente palatables para el ganado. El zacate banderita tiene atributos forrajeros sobresalientes por su alta calidad nutritiva y es conocido como el rey de los engordadores, el cual después de las primeras heladas sigue conservando la calidad nutricional y es excelente en la recuperación, mejoramiento y restauración de agostaderos, por su adaptación a condiciones adversas (Morales-Nieto *et al.*, 2008). El zacate buffel se caracteriza por su capacidad de producción en condiciones de escasa precipitación, es buena alternativa en la rehabilitación de agostaderos, además, ayuda en la infiltración y retención del agua de lluvia y aireación del suelo una vez establecido (Ibarra *et al.*, 2005).

6.7 Conclusiones

De acuerdo con la información recabada, todas las especies utilizadas como forrajeras en la región de estudio cuentan con estudios que prueban su efectividad en la alimentación del ganado, por lo que, en la realización de esta investigación bibliográfica se sistematizó en forma de monografías para contribuir en el manejo y utilización de las especies seleccionadas, para que los productores puedan hacer más rentable la actividad ganadera. Es importante conocer la diversidad de plantas que se pueden utilizar con fines forrajeros, para enriquecer la dieta del ganado a bajo costo, principalmente en época de estiaje, para mejorar la productividad de los agostaderos, impactando de manera positiva el ambiente, contribuyendo en la preservación y conservación

de las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, el suelo y la biodiversidad, tanto vegetal como animal de los ecosistemas ganaderos.

6.8 Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el financiamiento para el desarrollo del presente trabajo; a la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y a los productores de la comunidad de Santa Bárbara por la colaboración en la presente investigación.

6.8 Literatura citada

- Barrientos-Ramírez, L., Vargas-Radillo, J.J., Rodríguez-Rivas, A., Ochoa-Ruíz, G., Navarro-Arzate, F. y Zorrilla, J. (2012). Evaluación de las características del fruto de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) para su posible uso en curtiduría o alimentación animal. *Revista Madera y bosques*. 18(3), 23-35.
- Ibarra, F. F., Rivera, M. M., Moreno, M. S., Denogean, B. F. y Gerlach, B. L. E. (2005). El zacate buffel como una alternativa para incrementar la rentabilidad de los ranchos en la zona serrana de Sonora. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 9(16), 521-529.
- INIFAP (El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias). (2004). Suplementación con costilla de vaca y vaina de mezquite a cabras en lactancia. Despegable para productores No. 16. Recuperado de: <http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/69.pdf>
- Martínez-Hernández, P.A., Cortés-Díaz, E., Purroy-Vásquez, R., Palma-García, J. M., Del Pozo-Rodríguez, P.P. y Vite-Cristóbal, C. (2019). *Leucaena leucocephala* (LAM.) DE WIT. a Key Species for a Sustainable Bovine Production in Tropic. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 22(no.spe), 331-357.
- Morales-Nieto C. R., Quero-Carrillo, A., Pérez-Pérez, J., Hernández-Garay, A. y Le-Blanc, O. (2008) Caracterización morfológica de poblaciones nativas de pasto banderita [*Bouteloua curtipendula* (Michx.) Torr.] en México. *Agrociencia*. 42(7), 767-775.