

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



El guaje (*Leucaena leucocephala*) árbol multipropósito en sistemas agroforestales, pecuario y silvopastoril de las zonas tropicales

POR

BEATRIZ MANZANAREZ MORA

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2023

El Guaje (*Leucaena leucocephala*) árbol multipropósito en sistemas agroforestales, pecuario y silvopastoril de las zonas tropicales

MONOGRAFÍA

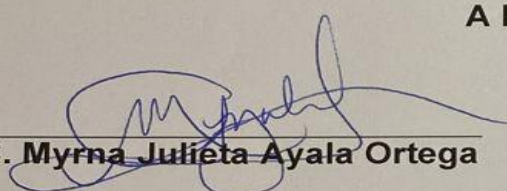
Presentada por

BEATRIZ MANZANAREZ MORA

y que somete a consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título profesional de

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA


MC. Myrna Julieta Ayala Ortega

Presidente


DR. José Antonio Hernández Herrera

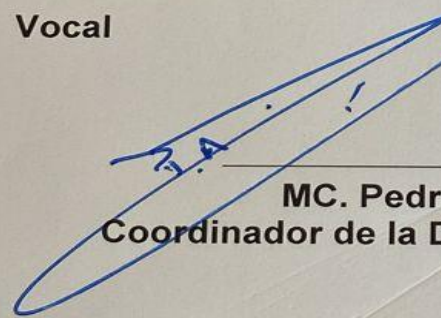
Vocal

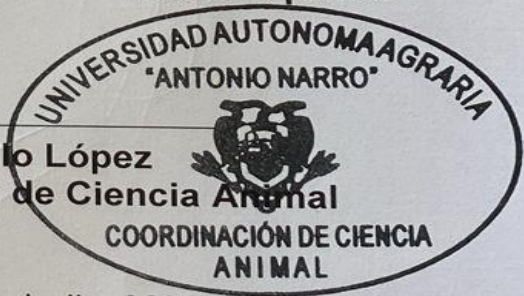

DR. Perpetuo Álvarez Vázquez

Vocal


MC. Laura Maricela Lara López

Vocal suplente


MC. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal


COORDINACIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre de 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES

**El guaje (*Leucaena leucocephala*) árbol multipropósito en
sistemas agroforestales, pecuario y silvopastoril de las zonas
tropicales**

MONOGRAFÍA

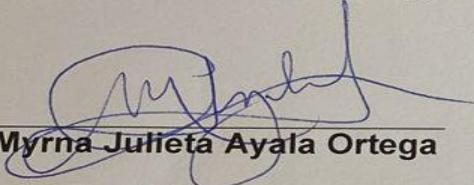
Presentada por

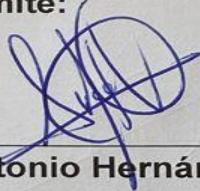
BEATRIZ MANZANAREZ MORA

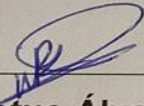
Como requisito parcial para obtener el título profesional de


INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

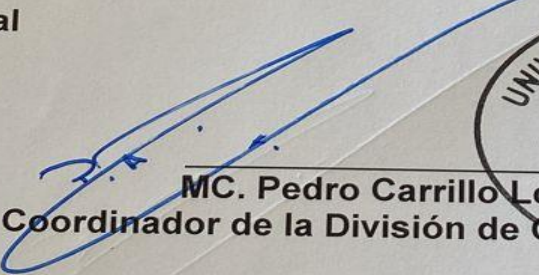
Fue dirigida por el siguiente Comité:


MC. Myrna Julieta Ayala Ortega
Presidente


DR. José Antonio Hernández Herrera
Vocal


DR. Perpetuo Álvarez Vázquez
Vocal


MC. Laura Maricela Lara López


MC. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Diciembre de 2023

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

DECLARO QUE:

El autor quien es el responsable directo del trabajo **El Guaje (*Leucaena leucocephala*) árbol multipropósito en sistemas agroforestales, pecuario y silvopastoril de las zonas tropicales**, jura bajo las protestas de decir la verdad en que no se ha incurrido en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (pega y corta); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, ilustraciones o datos sin citar al autor original, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

BEATRIZ MANZANAREZ MORA

NOMBRE



FIRMA

DEDICATORIAS

Para mi mamá

Soledad Mora Candelario

Para ti mamá, es dedicado este gran trabajo y estas bonitas palabras de mucho agradecimiento, cariño y amor, jamás me cansare de agradecerte de todo lo que has hecho por mí y por mis hermanos, supiste estar ahí en todo momento jamás me faltaron tus consejos en este trayecto importante, ahora que se ha culminado y empieza otra etapa sé que estará ahí todo su apoyo, te dedico cada esfuerzos, cada logro de todo lo que se está realizando, me queda agradecerte y ahora si apoyarte en todo lo que se pueda. Que Dios me la cuide siempre y me la bendiga.

Para mis hermanos

Víctor, Sergio, Guadalupe, Ángel y Alexander

Para ustedes también dedico este logro, hermanos míos, a pesar de las grandes dificultades que nos tocó pasar, los obstáculos que se presentaron en nuestra vida supimos y supieron salir adelante todos, gracias por compartir conmigo la mejor infancia, saben que los quiero mucho y que con todo mi corazón este logro va para ustedes, no nada más este si no los muchos que vengan, gracias por siempre decirme que soy buena hermana mayor y que siempre le echara ganas a todo, aunque estuve ausente en sus vidas y no compartí muchos días especiales sé que ustedes están orgullosos de mí, todo esto es por ustedes.

AGRADECIMIENTOS

A Dios....

Primeramente, quiero agradecer a Dios por haberme dado la oportunidad de haber concluido este proyecto y haberme dado las fuerzas para superar todos los obstáculos que a lo largo de este trabajo se fueron presentando.

A mi madre...

Gracias por todo el apoyo que me brindaste desde el primer día que sabías que quería estudiar en esta escuela fuiste la que me dijo que si, a pesar de la distancia estuviste aquí conmigo recordándome que fuera la mejor, que le echará muchas ganas en todo. Hoy te agradezco también madre por todo lo que me diste en la vida, principalmente tu fuerza y carácter para no dejarme vencer antes todas las adversidades de la vida., hoy te entrego un sueño que culmina gracias a tu apoyo.

A mis hermanos...

A mis pequeños y grandes hermanos son lo mejor que tengo, gracias hermanos por siempre recordarme que tenía que ser la mejor, por querer que su hermana saliera adelante, gracias por todo su apoyo incondicional, sus ánimos e impulsos para que yo lograra mis metas, cada logro en mi vida son para ustedes hermanos.

A mis abuelos Modesto y Simona...

Abuela gracias por todo el apoyo que he recibido de usted desde muy pequeña, por no dejarme caer y por siempre recordarme que todo lo que empezara lo tenía que terminar de buena manera. A mi abuelito gracias por estar orgulloso de mi y por siempre aconsejarme y siempre darme ánimos, la vida da muchas vueltas y todo pasa por algo, gracias por todo Abuelo.

A mi tío Onelio...

Que ha sido el mejor tío y unos de los cuales me ha inspirado mucho a seguir con este proyecto que ha culminado de la mejor manera, usted ha sido la inspiración para poder empezar y terminar exitosamente esta carrera, gracias.

A mis tíos....

Muchas gracias por apoyar este sueño que siempre tuve desde muy pequeña, agradeceré siempre su apoyo, el camino no fue nada fácil pero siempre conté con ustedes para darme una mano y continuar con este sueño, gracias.

A Evencio...

Gracias por todo, por ser una persona comprensible conmigo, gracias por tu apoyo, por motivarme y por tus consejos siempre positivos, por enseñarme que las cosas se hacen sin miedo, y que le heche ganas a todo, y a decirme siempre que este positiva para lograr cada proyecto.

A mi alma mater...

Por acurrucarme desde el primer día que llegue, por darme la oportunidad de estar 5 años aprendiendo en este gran nido, por darme buenos maestros, buenos compañeros, por permitirme tener experiencias nuevas y aprender cosas nuevas, gracias por formarme profesionalmente.

A mis asesores....

MC. Myrna Ayala

Gracias por su esfuerzo y dedicación que tuvo conmigo, así como también su conocimiento, sus orientaciones, la manera de trabajar y su paciencia, eso ha sido fundamental para poder terminar este trabajo.

DR. José Antonio Herrera

Gracias por su tiempo, dedicación y correcciones precisas las cuales me ayudaron mucho para así poder concluir con mi trabajo.

A mis maestros...

A todos mis maestros que a lo largo de mis estudios aportaron sus conocimientos invaluable, sugerencias, apoyo y sobre todo su gran paciencia.

A mis compañeros...

A mis compañeros de la generación, por todos los buenos momentos que viví con ellos, y lo más importante, por brindarme su amistad.

CONTENIDO

DEDICATORIAS	v
AGRADECIMIENTOS	v
CONTENIDO.....	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
ÍNDICE DE CUADROS	10
I. INTRODUCCIÓN	12
II. OBJETIVOS.....	13
2.1 General	13
2.2 Específicos.....	13
III. REVISIÓN DE LITERATURA	14
3.1. Generalidades del género Guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>).....	14
3.2. Origen, distribución y ecología	14
3.3. Distribución Geográfica en México	14
3.4. Clasificación taxonómica.....	15
3.5. Sinónimos	15
3.6. Otros nombres	15
3.7. Descripción botánica	16
3.8. Requerimientos agroecológicos.....	18
3.9. Fenología y propiedades fisiológicas	19
3.10. Tipología y variedades.....	20
3.11. Valor nutricional y toxico.....	21
3.12. Toxicidad.....	23
3.13. Composición química	24
3.14. Agronomía y manejo	25
3.15. Tratamientos	27
3.16. Plantación	27
3.17. Manejo.....	29
3.18. Fertilización	30
3.19. Control de maleza	31

3.20.	Control de plagas y enfermedades	32
3.21.	Productividad	33
3.22.	Explotación del guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>) en sistemas agroforestales y silvopastoril	33
3.23.	Beneficio económico de <i>Leucaena leucocephala</i> en sistemas agroforestales y silvopastoril	34
3.24.	Sistemas silvopastoriles intensivos	35
3.25.	Bancos de proteínas o forrajeros	36
3.26.	Beneficios productivos y ambientales de <i>Leucaena</i> en sistemas silvopastoril y agroforestales	36
3.27.	Usos y potencialidades	37
3.28.	Usos antropocéntricos	37
3.29.	Ventajas	39
3.30.	Desventajas	40
3.31.	Reducción de las emisiones de gases de la actividad ganadera.....	41
3.32.	Control de la degradación y control de los suelos	41
3.33.	Fijación del nitrógeno al suelo	42
3.34.	Efectos benéficos de la sombra.....	43
3.35.	Regulación hídrica y conservación de fuentes de agua.....	44
3.36.	Refugio entomofauna benéfica y fauna silvestre	44
3.37.	<i>Leucaena leucocephala</i> como alimento para rumiantes.....	45
3.38.	<i>Leucaena luecocephala</i> como alimento para no rumiantes.....	46
3.39.	<i>Leucaena leucocephala</i> como alimento humano	47
3.40.	Otros usos	47
IV.	CONCLUSIONES	48
V.	LITERATURA CITADA.....	xlix

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Aspecto de la estructura del guaje.....	17
Figura 2	Preparación de plántula para la siembra directa	26
Figura 3	Siembra de <i>Leucaena leucocephala</i>	28

Figura 4 Control de maleza en siembra de <i>Leucaena</i>	31
Figura 5 Plagas que se pueden encontrar en la <i>Leucaena leucocephala</i>	32
Figura 6 Sistemas agroforestales	34
Figura 7 Sistemas extensivos	35
Figura 8 Tronco de <i>Leucaena</i> para uso de madera papel o leña.....	38
Figura 9 Consumo de vainas de <i>Leucaena</i>	47

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Distribución en México.....	14
Cuadro 2 Clasificación taxonómica	15
Cuadro 3 Propiedades fisiológicas	19
Cuadro 4. Composición comparativa de la harina de hojas de <i>Leucaena</i> y la harina de alfalfa.....	21
Cuadro 5. Componentes de proteína en diferentes partes de la planta.....	22
Cuadro 6. Composición química de hojas de <i>L. leucocephala</i> en diferentes países....	24

RESUMEN

Esta monografía se enfocó un poco más sobre los usos y beneficios de la *Leucaena*, ya sea en sistemas forestales y silvopastoril. El guaje (*Leucaena*) es un árbol multipropósitos, ya que tiene la capacidad de controlar la erosión, aumenta la fertilidad de los suelos y sobre todo tiene un alto valor nutritivo para el ganado, por lo cual este puede ser empleado para una amplia variedad de servicios ecosistémicos, el cual provee alimento de alta calidad, es un árbol que tolera sequias, permite la ganancia de peso de los animales. La *Leucaena* también es utilizada en la actividad forestal y cuidado del ambiente, porque nos ayuda a la conservación del suelo, sirve como barrera rompevientos y contra incendios, fija nitrógeno al suelo y algo importante es que sirve como nodriza para otras plantas, así como refugio de entomofauna. Es necesario promover la utilización de fuentes de alimentos que sean económicas para el ganadero y de excelente valor nutricional, por eso en esta monografía traemos información de que, si se puede lograr obtener todos los beneficios, mediante el establecimiento en áreas de pastoreo con leguminosas (*Leucaena*). Su uso en sistemas agroforestales y silvopastoril permite aumentar los porcentajes de utilidad económica, aumenta la producción de leche y carne y aporta grandes beneficios al ecosistema. El Guaje puede ser una alternativa de beneficio y elección para aumentar la producción animal sostenible en los pastizales tropicales.

Palabras clave:

Leucaena, ganado, árbol multipropósito, sistemas agroforestales y silvopastoril.

I. INTRODUCCIÓN

Una limitación importante para aumentar la producción ganadera en los países tropicales es la baja disponibilidad la cantidad y calidad fluctuantes del suministro de forraje durante todo el año. Durante la estación lluviosa, las plantas forrajeras crecen tan rápidamente que su rendimiento de materia seca es alto; pero su valor nutritivo solo es alto a corto plazo, es decir, cuando son jóvenes y después de eso, su valor nutritivo disminuye abruptamente. Por el contrario, durante la estación seca, el crecimiento del forraje se vuelve más lento y al final de la estación seca se detiene, lo que lleva a una escasez de suministro de forraje, tanto cuantitativa como cualitativamente (Osechas et al 2008).

Los sistemas de producción agropecuarios en el trópico tienen la necesidad de incorporar especies que permitan mejorar la productividad y calidad del forraje que se ofrece a los animales (Martínez-Hernández et al. 2019). Debido al alto costo de algunos alimentos concentrados, es necesario promover y sugerir la utilización de fuentes de alimenticias que sea económicos y de excelente valor nutritivo, que ayuden a maximizar la producción animal (Rodríguez y Roncallo 2013). Dichos requerimientos se pueden lograr con el establecimiento en las áreas de pastoreo de especies forrajeras leguminosas como el Guaje (*Leucaena leucocephala*) que son ricas en calidad nutricional, rendidora en la producción de materia seca y adaptadas al clima y suelo. Estas especies arbustivas presentan tolerancias a las sequias, al manejo y una capacidad de rebrotar en tiempos cortos (García et al., 2009).

Los sistemas silvopastoriles son sistemas de producción de biomasa que integran altas densidades de árboles forrajeros asociados con especies herbáceas que pueden ser pastos o leguminosas para el ramoneo (Cubillos et al., 2016). Estos sistemas presentan como ventaja la protección del suelo de la erosión por la lluvia y el viento (Alonso, 2011; Bacab et al., 2013).

Bajo todo lo que se ha mencionado buscamos recopilar información para poder informarnos sobre el comportamiento de la *Leucaena leucocephala* en aspectos agronómicos, usos y beneficios.

II. OBJETIVOS

2.1 General

- Aportar al conocimiento de la especie Guaje (*Leucaena leucocephala*), así como su utilización y aprovechamiento en las zonas tropicales.

2.2 Específicos

- Realizar una revisión suficiente para contribuir al conocimiento de la especie *Leucaena leucocephala*.
- Aportar información sobre la utilización y aprovechamiento de la especie *Leucaena leucocephala* en las zonas tropicales.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades del género Guaje (*Leucaena leucocephala*)

3.2. Origen, distribución y ecología

Originario de la zona sur de México y se extiende hasta Nicaragua, incluyendo Guatemala, Honduras y El Salvador (Hughes, 1998).

3.3. Distribución Geográfica en México

Cuadro 1 *Distribución en México*

Estados
Baja California Sur
Chiapas
Coahuila
Guerrero
Jalisco
Michoacán
Morelos
Nayarit
Nuevo León
Oaxaca
Puebla
Querétaro
Quintana Roo
San Luis Potosí
Sinaloa
Sonora
Tabasco
Tamaulipas

Tlaxcala

Veracruz

Yucatán

Fuente: (Villaseñor & Espinosa, 1998; Zárata, 1994).

3.4. Clasificación taxonómica

El género *Leucaena*, pertenece a la familia leguminoseae y sub-familia Mimoseae (FIRA, 1980).

Cuadro 2 Clasificación taxonómica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Mimosoideae
Genero	<i>Leucaena</i>
Especie	<i>L. leucocephala</i>

Fuente: Gallardo (2007)

3.5. Sinónimos

Acacia leucocephala (Lam), *Leucaena glabrata* Rose, *Mimosa leucocephala* Lam. (Grether et al., 2006).

3.6. Otros nombres

También se le conoce al Guaje como, guaje blanco, guaje verde (Grether et al., 2006).

3.7. Descripción botánica

El Guaje (*Leucaena leucocephala*) es un árbol perenne que puede alcanzar de 3 - 10 metros de altura; también existen especies maderables que pueden llegar a medir entre 7- 20 metros de altura.

Según Meunier (2005), las características botánicas son las siguientes:

Tallos: Los tallos jóvenes son verdes cubiertos de pubescencia de color grisácea al contrario de los tallos viejos que poseen una corteza lisa, de color grisáceo o marrón grisáceo, con puntos elevados (lenticelas).

Hojas: Son compuestas, bipinnadas con 3 a 10 pares de ramitas (pinnas) que están dispuestas alternativamente a lo largo de los tallos con pecíolos de 2 a 5 cm de largo. Son de color oscuro y por lo general existe una glándula en el pecíolo de las hojas o justo debajo de donde se unen el par más bajo de ramitas (pinnas). Las pinnas miden de 2 a 10 cm de largo y cada una lleva de 5 a 22 pares de folíolos (pínulas). Estos folíolos miden de 7 a 21 mm de largo y de 1,5 a 5 mm de ancho, respectivamente, son de forma alargada, con puntas puntiagudas (ápices agudos), limpias y márgenes pilosos.

Raíces: Es larga, pivotante fuerte y bien desarrollada, mide aproximadamente 5 metros, Las raíces secundarias crecen lateralmente a 30 cm. Los pelos de la raíz están poco desarrollados y la planta parece depender en gran medida de asociaciones de micorrizas para la absorción de nutrientes, al menos durante el desarrollo de plántulas.

Inflorescencias: Son capítulos globosos (12-30 mm de ancho), con pedúnculos axilares, (nacen de las axilas de las hojas, con uno a tres racimos en cada axila), cuando abren las flores en su mayoría hermafroditas, se parecen a un 'pompón'. Las flores son de color blanco, pequeñas y cada una posee cinco sépalos diminutos (2-2,5 mm de largo),

cinco pétalos pequeños de color blanco verdoso (2-4 mm de largo) y diez estambres prominentes de color amarillo pálido.

Frutos: Son vainas alargadas (lineales), aplanadas, dehiscentes; con una punta puntiaguda (ápice picudo). Estas vainas (8-22,5 cm de largo y 10-20 mm de ancho) son inicialmente de color verde, pero se vuelven marrones o rojizas a medida que maduran. Por lo general, se desarrollarán varias vainas de cada racimo de flores. Cada una de estas vainas contiene de 10 a 25 semillas duras (6 a 10 mm de largo y 3 a 6 mm de ancho) de color marrón brillante, aplanadas (comprimidas) y algo ovaladas (elípticas-oblongas). Esta especie se auto poliniza y produce gran cantidad de semillas, que en sus primeros tres meses de cosechadas presentan altos porcentaje de latencia para germinar.



Figura 1 Aspecto de la estructura del guaje

Fuente: <https://www.arbolesornamentales.es/Leucaena%20leucocephala.pdf>

Hábitat: En México, esta especie en forma silvestre es ruderal. Pero, también se cultiva a menudo, y no es fácil saber el origen de una planta (Grether et al., 2006). En forma natural tiene mucha preferencia por suelos calizos (Grether et al., 2006; Texas Invasivas), pero, en cultivos produce mejor en suelos

ligeramente alcalinos a ligeramente ácidos; si requiere buen drenaje. Tolera algo de salinidad (Parrotta, 1992).

3.8. Requerimientos agroecológicos

Latitud y altitud: Eguiarte, Betancourt y Herrera (1986) describen que la *Leucaena leucocephala* se desarrolla en diversas latitudes y altitudes, observándolas en alturas de más de 1500 msnm. Foroughbakhch y Hauad (1989) señalan que crece en las altitudes de 1200 msnm, pero es una especie para tierras bajas preferentemente por debajo de los 800 msnm.

Temperatura: es una planta tropical que crece durante todo el año, pero prospera mejor en zonas con altas temperaturas (25-35°C) (Brewbaker et al., 1979).

Precipitación: (Pérez, 1979) dice que la planta destaca por sus menores necesidades en la frecuencia de riego en relación con los pastos y otras leguminosas de zonas semiáridas, esta cualidad es la más importante ahí donde el recurso agua empieza a ser, o es, un limitante. (Eguiarte et al., 1986) señalan que el umbral crítico de la planta se localiza entre los 400 y 500 mm de lámina, sin embargo puede construir una vegetación dominante en áreas donde la precipitación media anual es de 300 mm, pero crece mejor en zonas cuya precipitación es superior a los 500 mm.

Suelo: Para un mejor y rápido crecimiento de esta especie *Leucaena leucocephala* ocurre en los suelos arcillosos, profundos, de neutros a alcalinos y con una muy buena fertilidad y humedad, sobresaliendo su habilidad para prosperar en terrenos con pendientes pronunciadas, con escasa a nula capa arable, pedregosos y de baja fertilidad (Pérez, 1979).

Topografía: Se establece en cualquier topografía, siempre y cuando exista un buen drenaje (Meunier, 2005).

3.9. Fenología y propiedades fisiológicas

Fenología

Los ciclos de los eventos fenológicos están relacionados con la producción de hojas, floración y fructificación. El follaje es Perennifolio / Caducifolio. El período vegetativo (el número de días desde el rebrote de la hoja hasta la primera flor es de aproximadamente 80 a 139 días. Florece a lo largo del año dependiendo de la precipitación o disponibilidad del agua. El inicio de la floración desde los primeros botones florales hasta las primeras vainas es aproximadamente de 62 días, y la fructificación ocurre durante todo el año con una duración aproximadamente de 115 días. Los frutos maduran de marzo a abril. Posee polinización Entomófila (por insectos) (Walton, 2003).

Propiedades Fisiológicas

Cuadro 3 *Propiedades fisiológicas*

Propiedades	Características
Adaptación	Especie de fácil adaptación
Competencia	Altamente competitiva con plantas nativas
Crecimiento	Especie de rápido crecimiento, a excepción en regiones donde no hay época seca
Longevidad	Mayor a 50 años

Descomposición	La hojarasca presenta una rápida descomposición produciendo abonos verdes y buena producción de materia orgánica
Establecimiento	Es lenta en las primeras etapas de desarrollo
Rendimiento	Altos rendimiento en hojas, flores, frutos, madera y/o semillas
Asociación con nódulos	Presenta simbiosis con Rhizobium y/o Bradyrhizobium, forma nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces superficiales

Fuente: (Zarate, 1987).

3.10. Tipología y variedades

El género *Leucaena* está formado aproximadamente por 50 especies forrajeras con amplia distribución en las regiones tropicales y subtropicales (Parrotta, 1992).

Se conocen más de 800 ecotipos de *Leucaena*, los cuales han sido clasificados de manera general, en tres agrupaciones. El tipo “común” incluye variedades con porte arbóreo-arbustivo que suelen crecer hasta 5 m, destacándose los cultivares más conocidos comercialmente para sistemas silvopastoriles (Cunningham, CNIA-250) por sus numerosas ramificaciones y arquitecturas de la copa (Simón, 1998). Por otra parte, las de tipo Perú incluye variedades de porte “mediano” que se clasifican como árboles que crecen hasta 10 m de altura, rebrota intensamente y producen elevadas cantidades de biomasa con cortes periódicos (NASS, 1984). El último grupo que menos se ha estudiado hasta el presente, está integrado por las variedades de tipo “gigante” que incluyen las de porte alto capaces

de crecer hasta 20 m, con fuste más erecto que el resto y ramificación irregular. Un número considerable de estos cultivares, denominados Salvador o gigantes Hawaianos (K-5, K-8, K-29, K-62, K-67, K-36), se conocen por presentar un gran potencial forrajero y estar adaptados a áreas erosionadas y suelos ácidos (Mishra, 1986).

3.11. Valor nutricional y toxico

El follaje de *Leucaena* constituyen un valioso ingrediente en raciones para ganado y en menor proporción para aves, el valor nutritivo del follaje de *Leucaena* varia con el lugar, edad y estación de la cosecha.

NASS (1977), señala que la harina de hoja de *Leucaena* compara favorablemente con la de hojas de alfalfa en cuanto a contenido de energía metabolizable (tabla 4).

Cuadro 4. Composición comparativa de la harina de hojas de *Leucaena* y la harina de alfalfa.

Componente	Hojas de	
	Leucaena	Alfalfa
Energía bruta (Kcal/kg)	4.8	4.4
Energía metabolizable pollos (kcal/kg)	670.0	670.0
Nitrógeno total (%)	4.2	4.3
Proteína cruda (%)	25.9	26.9
Fibra detergente modificada/acida (%)	20.4	21.7
Cenizas (%)	11.0	16.6

Carotenos (mg/kg)	536.0	253.0
Taninos (mg/g)	10.2	0.1

El guaje como alimento animal presenta un alto potencial, su valor nutricional es comparable o superior a la alfalfa (*Medicago sativa*) con alto contenido de β -caroteno. La calidad forrajera es superior a la de otras especies del mismo género. Las hojas presentan aproximadamente 6,70 % de humedad, 22,76 % de proteína bruta, 22,29 % de fibra bruta, 4,60 % de grasa y 9,73 % de contenido de cenizas y las vainas poseen aproximadamente altos porcentajes de fibra cruda (33%) y calcio en un 2%, con relación a las semillas, las mismas, poseen un porcentaje de grasa cruda entre un 7,2% y 10,1% y extracto libre de nitrógeno, en un promedio de 55,9% y 58,8%. No obstante, si la dieta es mayor a niveles por encima al 7,5 % (masa seca) los animales no rumiantes pierden peso y tienen problemas generales de salud debido a la toxicidad de la mimosina (Martínez et al., 2019).

Cuadro 5. *Componentes de proteína en diferentes partes de la planta*

Componente	Proteína (%)
Planta entera	23.14
Hojas	27.34
Tallos finos	11.95
Tallos gruesos	9.06
Inflorescencias	32.38

Todas las especies de leguminosas producen metabolitos secundarios, en estudios bromatológicos realizados al guaje (*Leucaena leucocephala*) se han encontrado fenoles y/o taninos a los 60 y 180 días de sembrados los individuos en pequeñas concentraciones (Dago et al., 2020).

3.12. Toxicidad

Las hojas y semillas de *L. Leucocephala* contienen un aminoácido no proteico denominado mimosina el cual se encuentra entre 3-5% de la MS de las hojas (Anón, 1977) y es la principal causante de los síntomas de intoxicación que presentan los animales cuando las consumen en grandes cantidades.

Grandes consumos de mimosina en la dieta impiden la digestión, la absorción y la utilización de los nutrientes por el animal, comprometiendo la salud, causando una disminución en el consumo voluntario, pérdida de peso, caída de pelo y aumento de las glándulas tiroides (Ospina et al., 2017).

Los trabajos realizados muestran que cuando las dietas de los rumiantes contienen menos del 30% de *Leucaena* los animales pueden consumirlas por largos periodos, pero cuando esta forma más de un 50% de la ración se pueden presentar síntomas de intoxicación al consumirlas por periodos mayores a seis meses (Anón, 1977).

En animales de laboratorio (no rumiantes) se han encontrado síntomas de pérdida de pelo, aborto, infertilidad, pérdida de salud, disminución de la secreción láctea, deformaciones y otras anomalías (Yoshida, 1944; Hegarty, Court y Thorne, 1964; Bidón y Lamond, 1966 y Joshi 1968).

Actualmente se está trabajando en programas de mejoramiento, principalmente en Australia, para obtener líneas de *Leucaena* con bajo contenido de mimosina. De los primeros cruzamientos realizados entre *Leucaena Leucocephala* y *L. pulverulenta* (de bajo contenido en

mimosina) se han obtenido plantas que han reducido hasta un 50 % el contenido de mimosina (Anón, 1977), aunque en la actualidad ya se han seleccionado líneas con perspectivas en las pruebas agronómicas (Hutton, 1976).

También se ha observado que en la exposición a temperaturas de 70°C reducen el contenido de mimosina o adicionando sulfato ferroso a las raciones que contienen *Leucaena* no expuesta al sol se puede disminuir la toxicidad (Matsumoto et al., 1951).

3.13. Composición química

Los principales constituyentes químicos de las hojas de *L. leucocephala*, según en ensayos de (Mohamed et al., 2017) de diferentes países son:

Cuadro 6. Composición química de hojas de *L. leucocephala* en diferentes países

País	Compuestos activos
Malasia	Escualeno (41,02 %), fitol (33,80 %), 3,7,11,15-tetrametil-2-hexadecen-1-ol (30,86 %) y 3,7,11-tridecatrienonitrilo, 4,8,12 -trimetil (25.64%).
China	Ficaprenol-11 (poliprenol), escualeno, lupeol, -sitostenona, ácido transcumárico, ácido cis-cumárico, feofitina-a, feoforbido, éster metílico, metil-132- hidroxil (132-S)-feoforbido-b y aristofila-C.
México	2(H)-benzofuranona-5,6,7, 7a-tetrahydro-4,4, 7a-trimetil, pentadecanoico ácido-14-metil-metil éster y 6,10,14-trimetil-2-pentadecanona a cetona.

3.14. Agronomía y manejo

Establecimiento

El establecimiento es el período que incluye la siembra, emergencia, crecimiento y manejo temprano del pastizal y constituye una de las etapas más importantes en el desarrollo de las plantas. Lograr un buen establecimiento significa sentar las bases científico-prácticas necesarias para poder utilizar eficientemente las especies vegetales y prolongar su vida útil en función de la alimentación animal (Ruiz y Febles 2006).

Para su establecimiento se deberán considerar las condiciones climáticas de la región, siendo recomendable establecerla al inicio del periodo de lluvias. Se han observado grandes diferencias en el rendimiento de forraje cuando se establece al inicio de la época de lluvias en comparación con aquella establecida a mediados de dicha época, aunque sin grandes diferencias cuando se cuenta con riego (Ruiz y Febles, 1988).

Según reseñan (Ruiz y Febles, 2006) las plántulas de *Leucaena*, principalmente las de la especie *L. leucocephala*, tienen lento establecimiento y puede tardar de 12 a 18 meses para alcanzar alturas de 1,5-2 metros, por lo que las pequeñas plántulas son muy vulnerables a la competencia con las malezas, destrucción y defoliación durante el período de establecimiento, debido a las entradas anticipadas de animales a las áreas de siembra, ataque de enfermedades e insectos potencialmente plagas u otras causas. De igual forma, estos autores coinciden en afirmar que en esta etapa es preciso combinar de forma favorable las condiciones inherentes al clima y el suelo, los factores de carácter Fito técnico y las características de la variedad.

Preparación del terreno

La preparación del suelo, la densidad y la profundidad de siembra son factores importantes a tener en cuenta para un buen establecimiento de esta especie. Se recomienda una buena preparación del suelo, sobre todo cuando se trata de suelos vírgenes o donde sea extremadamente abundante la cantidad de semillas de malas hiervas por unidad de área, e incluso se ha recomendado la quema de malezas como una medida agro técnica eficiente. (Coosksley, 1974).

Para siembra directa la (INIFAP, 1986) señala que las labores agrícolas necesarias dependen de las condiciones topográficas, iniciándose con un barbecho profundo y uno o dos pasos de rastra para su posterior surcado y siembra; en algunos casos con lomeríos profundos, rocosos o compactos pueden hacerse labores con cualquier herramienta penetrante para aflojar el terreno donde será depositada la semilla.



Figura 2 Preparación de plántula para la siembra directa

Fuente:

<https://antoniovyckovilchez.files.wordpress.com/2011/12/17062008064842-manual20uso20leucaena.pdf>

3.15. Tratamientos

Antes de sembrar las semillas en el terreno definitivo, las semillas deben descontaminarse de plagas mediante fumigación con bromuro de metilo después ser inoculada con una cepa adecuada de *Rhizobium* para garantizar una fijación de nitrógeno efectiva, y seguidamente, para aumentar la tasa de germinación se debe escarificar la semilla con tratamientos previos, para romper la latencia exógena o dormancia (la impermeabilidad de la cubierta de las semillas, el grosor y la constitución de su cubierta, impide la germinación) antes de que la semilla absorba agua y germine. Las semillas durmientes son aquellas que no germinan rápidamente, necesitan ser sometidas a reblandecimiento (química, física y mecánica) de las capas externas, conocidas como métodos de escarificación (Wencomo, 2008).

Autores sugieren que la escarificación se puede hacer con ácido, agua a diferentes temperaturas y escarificación mecánica. Ácido sulfúrico en concentraciones entre 50-75 % y el agua a temperaturas de 85° C o superiores. (Gallardo, 2007). En la propagación por vivero, el sustrato a utilizar debe estar bien drenado, tener los nutrientes y la capacidad de retención de agua adecuada, en esta etapa las plántulas jóvenes y las raíces se desarrollan rápidamente hasta alcanzar un tamaño plan table de 20 cm de altura en 2 a 3 meses (Wencomo, 2008).

3.16. Plantación

La siembra se puede realizar por semilla, plántulas (vivero), estacas y mediante injertos, sin embargo, en las áreas grandes, es mejor utilizar semillas, para minimizar costos y tiempo. La siembra puede ser de dos formas: preparando el área total que se sembrará o en franjas si la siembra se realiza asociada con pastizales naturales o mejorados. Por lo general, se recomiendan dosis de 7 a 12 kg/ha a profundidades de 2-3 cm dependiendo de la separación de las hileras, de la densidad poblacional y

de la calidad de la semilla. Es preferible sembrar a entrada de lluvia, utilizando buenas medidas de control de malezas para minimizar competencia. La distancia de siembra varía en función del objetivo del cultivo, si es para banco de proteína, la distancia de siembra recomendada es aproximadamente de 60 a 75 cm entre hileras, y 15 semillas/línea; en cambio sí es para pastoreo, la distancia entre surco es de 1,5 a 1,6 metros. y si es asociada con gramíneas forrajeras, la distancia es entre 2 a 10 metros para dejar espacio para el establecimiento de la gramínea (Faria, 2014).



Figura 3 Siembra de *Leucaena leucocephala*.

Fuente: https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Siembra-de-Leucaena-leucocephala-A-D-Siembra-en-vivero-de-plantulas-E_fig2_331791459

Sistemas de Siembra

Los sistemas de siembra para *Leucaena leucocephala* pueden ser por hileras, siembras espaciadas y siembras asociadas.

Por Hileras: Distanciadas a 1,5-2 m entre hileras y de 0.25-0.50 m entre plantas para permitir el movimiento de los animales, sin dañar la plantación con el pisoteo. Para dicha siembra se requieren de 3 a 5 Kg. de semilla/ha, aproximadamente; dependiendo de la calidad de la semilla y la densidad poblacional.

Siembras Espaciadas: Para este tipo de siembra se utiliza por lo general, especies de porte alto, sembradas a 5 m de distancia entre sí, tanto en hilera como entre plantas, y las mismas con sus semillas caídas al suelo, se encargarán de poblar el resto del área con las semillas caídas, estas variedades gigantes también podrían sembrarse solas a orillas de cercas o caminos.

Siembras asociadas: Puede ser sembrada en asociación con *Andropogon rayanus*, *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximun* u otra gramínea adaptada, para suministrar una ración equilibrada a los animales. Se siembra en filas o hileras espaciadas de 2 a 3 m y con la gramínea sembrada entre los surcos de la *Leucaena* (Barreto, 2006).

3.17. Manejo

La utilización del guaje (*Leucaena leucocephala*) como leguminosa forrajera en los sistemas silvopastoriles puede ser como:

Pastoreo:

A una altura de un 1 metro aproximadamente, la planta puede ser pastoreada para permitir la emisión de rebrotes en las partes laterales y bajas de los tallos, evitando la dominancia apical y el crecimiento vertical,

el cual deja de ser apetecible para el ganado. Cuando las plantas crecen demasiado altas, hay que cortarlas mecánica o manualmente.

Bancos de Proteína:

Son áreas que pueden alcanzar hasta 20% del área de pastizal, en ellas se cultiva la *Leucaena* de forma extensiva. Estos bancos deben cercarse para controlar el pastoreo (Barreto, 2006). Cuando la *Leucaena* se usa en asociación con gramíneas se maneja igual que cuando se realiza una rotación de potreros. También puede cosecharse manual o mecánicamente y utilizarse como alimento suplementario (Osechas et al., 2008).

Poda: En función a los objetivos que se planifique con la plantación se realizaran los procesos de poda, sin embargo, en termino generales se debe podar a una altura no mayor de 50 cm a partir del suelo, de esta forma se prolonga la próxima poda, una unión de otros factores del manejo como son el porcentaje del área foliar para asegurar así un mejor rebrote. También para facilitar el rebrote el tiempo de reposo puede ser entre 28 a 35 días en la estación de lluvias y de 35 a 42 días en la estación de seca, y el tiempo de pastoreo no debe ser mayor de 5 días, ya que los animales pueden afectar los nuevos rebrotes (Gallardo, 2007).

3.18. Fertilización

(Esquivel 1963), encontró que tanto el boro como el molibdeno son indispensables para el normal desarrollo de las plantas, logrando rendimientos considerables con respecto a los testigos cuando se estudió la aplicación de estos dos elementos.

(Hill 1970), obtuvo respuestas significativas en crecimientos a la aplicación de 5 y 7 toneladas por acre de cal sobre el terreno en un suelo bajo en

calcio. Igualmente encontró que el rápido establecimiento en el campo fue significativamente mejorando por el control de maleza y la aplicación de 30 libras por acre de fertilizante nitrogenado, sin efecto adverso aparente sobre la nodulación.

3.19. Control de maleza

La planta de *Leucaena* en la etapa inicial de su establecimiento es de crecimiento lento y por lo tanto es fácilmente afectada por las malas hierbas, lo que complica su arraigo hasta tal grado que pueden provocar un fracaso total de la plantación; por lo tanto para lograr un buen establecimiento es necesario mantener al cultivo libre de malezas, sobre todo en los primeros 4 meses de su establecimiento mediante labores manuales de deshierbe y un control químico de los depredadores (Eguiarte et al., 1986).

Se recomienda un buen control de maleza los primeros 60 a 90 días, después de la siembra, de forma química o mecánica (Faria, 2014).



Figura 4 Control de maleza en siembra de *Leucaena*

Fuente:

<https://antoniovyckovilchez.files.wordpress.com/2011/12/17062008064842-manual20uso20leucaena.pdf>

3.20. Control de plagas y enfermedades

Las enfermedades que más atacan, sobre todo en vivero se encuentran los géneros *Rhizoctonia*, *Phytium* y *Phytophthora*, son los que afectan la biomasa y la muerte de las plantas. Si no se toman los controles correspondientes, entre los insectos que más daños ocasionan a las plantas de las especies de este género se encuentran: el psílido, las hormigas cortadoras (*Atta insularis*) y gallina ciega, asociados al follaje (Wencomo, 2008).

(Sánchez et al., 1985) mencionan que la planta puede ser afectada en 2 o 3 épocas al año por fungósisis. Las semillas maduras suelen ser atacadas por diferentes tipos de gorgojos. Los roedores atacan frecuentemente las plantas jóvenes. La clave es la detección oportuna y el combate a tiempo del problema o en su defecto las medidas preventivas, son lo más indicado.



Figura 5 Plagas que se pueden encontrar en la *Leucaena leucocephala*

3.21. Productividad

La productividad de la materia seca del guaje *Leucaena* varía con la fertilidad del suelo y la precipitación. Los rendimientos oscilan entre 3 y 30 t de materia seca/ha/año. Suelos profundos y fértiles, con precipitaciones mayores de 1500 mm de lluvia produce forraje de calidad y en grandes cantidades, en las zonas subtropicales, con limitaciones de temperatura los rendimientos pueden ser de 1,5-10 t de comestible forraje/ha/año (Brewbaker et al., 1985).

3.22. Explotación del guaje (*Leucaena leucocephala*) en sistemas agroforestales y silvopastoril

La utilización de la *Leucaena* como arbusto y árbol forrajero ha recibido considerable atención en los sistemas agroforestales y silvopastoril de las zonas tropicales, destacándose por sus usos en la producción ganadera de doble propósito y en la conservación del ambiente. Los sistemas agroforestales son sistemas que implica la asociación de especies herbáceas, leñosas y plantas perennes con cultivos alimentarios y ganado en el mismo terreno. Permiten beneficios en la producción ganadera y en la diversidad ecológica dentro de una unidad de paisaje, optimizando el uso de los recursos. Hay tres tipos principales de sistemas agroforestales: agro silvicultural, (combinaciones de especies arbóreas cuya producción es a largo plazo con cultivos que se cosechan a corto plazo); sistemas agrosilvopastoriles (combinaciones compuestas por árboles, cultivos y ganado). Mientras los árboles crecen con fines maderables, se siembran cultivos que posteriormente se sustituyen por pasto para la alimentación del ganado, y silvopastoril (asociaciones compuestas por gramíneas rastreras o erectas, arbustos leguminosos y árboles con fines maderables para la obtención de carne y leche) (Montagnini, 2015).

3.23. Beneficio económico de *Leucaena leucocephala* en sistemas agroforestales y silvopastoril

La implementación de la *Leucaena* en sistemas agroforestales y silvopastoriles aparte de atraer beneficios ambientales, también trae consigo beneficios económicos, cumpliendo así con el propósito de la agroforestería que es buscar que la producción sea sostenible tanto ambiental como económico.

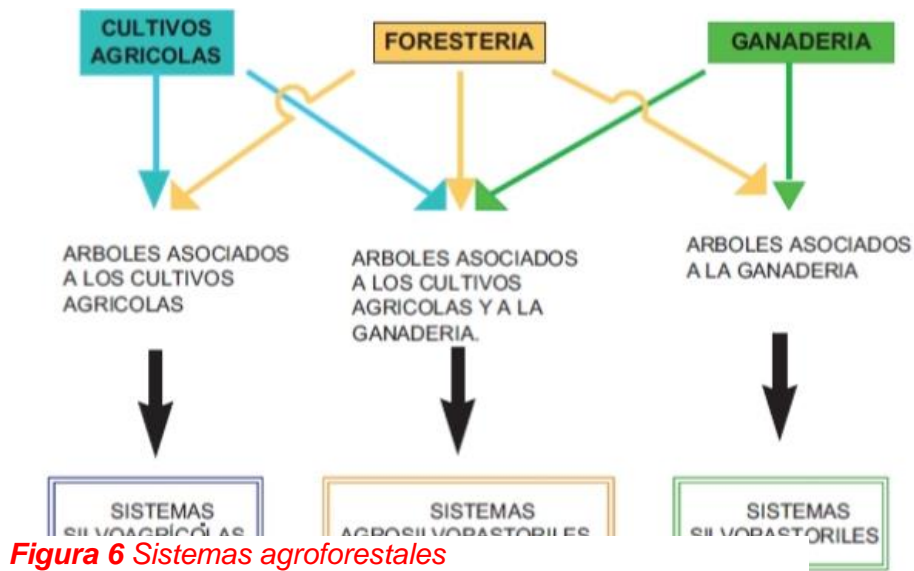


Figura 6 Sistemas agroforestales

Fuente: Secretaría Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA)(México).

Los sistemas silvopastoriles se pueden manejar de manera intensiva o extensiva. Los intensivos se caracterizan por la alta densidad de *Leucaena leucocephala* (superior a 7.000 por hectárea), asociado con una gran variabilidad de árboles frutales, maderables o de otro tipo (100 – 500 por hectárea) y con gramíneas mejoradas, las cuales se manejan bajo pastoreos rotativos con altas cargas ganaderas y breves períodos de pastoreo intercalados con largos períodos de recuperación (Santos et al., 2022).

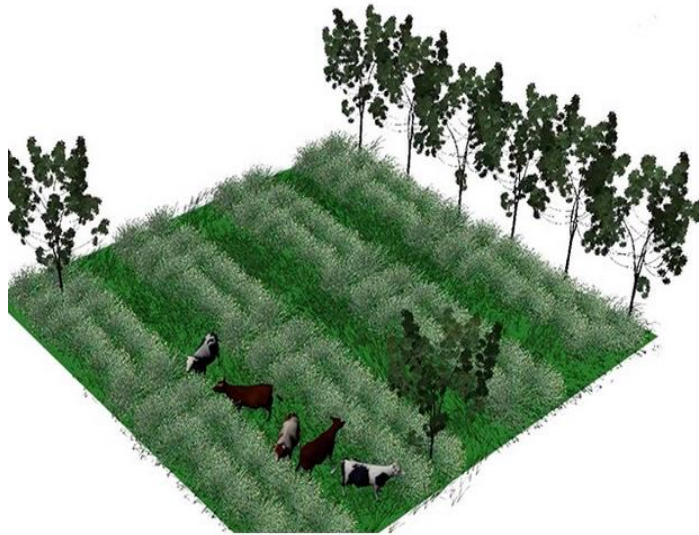


Figura 7 *Sistemas extensivos*

Fuente: Guzmán (2001).

3.24. Sistemas silvopastoriles intensivos

Los Sistemas Silvopastoriles Intensivos se caracterizan por presentar alta carga de biomasa forrajera natural, para mantener altas cargas animales (unidades por hectárea), para obtener y optimizar la producción con doble propósito (carne y leche). La producción de carne bajo este sistema aumenta en proporciones significativas con relación al sistema tradicional de pastoreo continuo con el uso de gramíneas mejoradas sin árboles. En este sistema, la unidad de producción se estratifica en diferentes estratos (alto, medio y herbáceo), interactuando entre sí, en un mismo momento y espacio. En el estrato alto se encuentran los árboles para la producción de madera o frutas con usos multipropósito que aportan gran cantidad de materia orgánica al suelo y también si son árboles leguminosos fijan nitrógeno por sus asociaciones con las micorrizas; en los estratos medios se encuentran los arbustos sembrados en altas densidades destinados para promover el ramoneo de los animales y en los estratos bajos se ubican las gramíneas para la alimentación del ganado (Chara et al., 2019).

3.25. Bancos de proteínas o forrajeros

Son otros arreglos espaciales de las unidades producción, en un sistema semi intensivo silvopastoril donde en un área de la unidad de producción están separadas del pasto. Se siembran árboles de *Leucaena* en altas densidades utilizado como forraje, a través de corte y acarreo para la alimentación del ganado en época seca para continuar con la producción de carne y de leche. La utilización de los bancos forrajeros es una alternativa que tiene como objetivo producir altos volúmenes de biomasa, como una estrategia para disponer de forrajes ricos en nutrientes y de proteína, el cual permite reducir los costos de producción derivados de la compra de suplementos o alimentos balanceados comerciales (Hernández, 2011).

3.26. Beneficios productivos y ambientales de *Leucaena* en sistemas silvopastoril y agroforestales

La *Leucaena leucocephala* es una buena alternativa para asociarla con otras especies puesto a que es una leguminosa arbórea que aporta beneficios al suelo y se aprovecha al máximo el espacio vertical con el que se cuenta.

(Murgueitio et al., 2014) mencionan que en los sistemas silvopastoril el guaje puede aumentar dos veces el valor de la ganancia de peso por animal o por unidad de superficie en un periodo de 29 a 149 días en comparación con gramíneas tropicales, permitiendo sostener unidades de carga hasta 5 animales por unidad de hectárea. Con relación a los bancos de proteínas, con acceso de 3 h por día, las ganancias de peso de los novillos por día pueden redondear 377 g novillo-1 en comparación a las registradas en los novillos pastoreando en praderas de *Megathyrus maximus* (guinea) (Martínez et al., 2019).

3.27. Usos y potencialidades

El guaje *Leucaena leucocephala* su potencialidad es multipropósito, el género ofrece una amplia variedad de servicios ecosistémicos y para uso antropocéntrico (Padma et al., 2022).

3.28. Usos antropocéntricos

Los usos antropocéntricos que le dan al guaje son: con la madera del árbol se elaboran construcciones rurales, mangos para herramientas, tableros, puntales para minas, postes para cercas y muebles rústicos, la leña y carbón con excelente poder calórico de 18,600 kJ/kg (Cansino, 2001).

Por su alto contenido de proteína en las hojas y las vainas se emplea como alimento para rumiantes y no rumiantes el contenido proteínico del forraje seco (hojas y ramitas) varía entre 14.0 y 16.2 por ciento. De las semillas se extrae aceite, que consiste de ácidos palmítico, esteárico, behénico, lignocérico, oleico y linoleico. Son plantas melíferas. De sus vainas, hojas y cortezas se extraen tintes naturales y las semillas se utilizan con propósitos decorativos y además de repelentes e insecticida por su alto contenido de selenio (Parrotta, 1992).

Usos de la madera

La *Leucaena* por su alta velocidad de crecimiento se coloca como una especie importante en la producción de madera. Los rendimientos reportados están basados en pequeñas plantaciones experimentales; en general se puede decir que los rendimientos por arriba de 14 m³/ha/año, se considera muy buenos. En regiones que tienen bajo pH y en donde las temperaturas son frías se tienen los reportes de 1 m³/ha/año, pero estos son tomados con mucha precaución hasta que se tengan verificadas las técnicas experimentales empleadas (Robles, 1990).

La *Leucaena* produce buenos rendimientos de madera, en un rango de 20-60 m³/año, en periodo de 3-5 años la madera se puede usar para

fabricar cajas, muebles, pulpa de papel y para postes de cerca, de alambrado eléctrico y de construcción. En condiciones experimentales, la madera de un árbol de 4 años tiene aproximadamente un 46% de humedad, con una dureza media y una gravedad específica de 0,52, sin embargo, son de poca durabilidad por ser muy susceptible al ataque de termitas y barrenadores de la madera. Es una excelente madera para pulpa de papel con buena imprimibilidad, pero baja resistencia al desgarro y al plegado. Sus propiedades de fabricación de pulpa son adecuadas tanto para la producción de papel como de rayón. Como leña es excelente, con una gravedad específica de 0,45-0,55 y un alto poder calorífico de 4600 cal/kg, se quema con poco humo o cenizas. El carbón vegetal es de alto rendimiento y calidad (Salinas, 2007).

Los postes de *Leucaena* son útiles para postes, puntales y marcos para diversos cultivos de escalada (Brewbaker et al., 1998).



Figura 8 Tronco de *Leucaena* para uso de madera papel o leña

Fuente:

https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Leucaena_leucocephala_Wood_in_Hong_Kong.jpg.

Usos medicinales

Las semillas de *L. leucocephala* tienen grandes propiedades medicinales, las semillas se utilizan para controlar el dolor de estómago, como anticonceptivo, como abortivo, como quimiopreventivas anti proliferativas del cáncer, además son antihelmínticos, antidiabéticos con gran actividad antibacteriana de amplio espectro (Mohamed et al., 2017).

Usos ecosistémicos

El guaje (*Leucaena leucocephala*) por el enraizamiento extenso y denso, puede ayudar a controlar la erosión, tanto superficial como profunda. El efecto varía con la longitud de la raíz y la edad de la planta. Después de 6 meses de crecimiento de la planta, el factor de cohesión del suelo aumenta enormemente (Normaniza et al., 2007). También, como la madera posee un peso específico de entre 0.50 y 0.59 g por cm³ y cuando se seca al sol obtiene un valor calórico de 19.4 kg por g. Igualmente sirve como árbol de sombra para plantaciones de café, cacao, hule, entre otros y por su habilidad en adaptarse en pendientes escarpadas, en suelos marginales y en áreas con estaciones secas prolongadas, la hacen útil en la reforestación de cuencas inundadas, laderas y pastizales; además, el follaje, una vez seco es usado como abono orgánico, se incorpora como fuente de carbono y su capacidad para fijar nitrógeno aumenta la provisión de nitrógeno en los horizontes superiores del suelo (Peralta et al., 2017).

3.29. Ventajas

Según (Apan-Salcedo, 2019), entre las ventajas y beneficios ambientales que presenta el establecimiento de *Leucaena* en los sistemas agroforestales, se puede mencionar:

- Reducción de las emisiones de gases de la actividad ganadera, por la captura de carbono en árboles y suelos debido al aumento de la cobertura vegetal y por mayor eficiencia del proceso fermentativo a

nivel ruminal y también por la reducción de uso de fertilizantes sintéticos.

- Protegen el suelo de la erosión y compactación ya que lo cubren y conservan su humedad, lo que permitirá aumentar la producción de biomasa comestible.
- Promueve la fijación del nitrógeno en el suelo.
- Conservación de la biodiversidad del paisaje.
- Sirve de barreras contra vientos.
- Sirve de refugio a las aves, entomofauna y fauna silvestre benéfica, cuya función es el control biológico de plagas.

3.30. Desventajas

(Machado et al., 1978) dice que algunas desventajas de la *Leucaena* son tales como su lento crecimiento y la presencia de algunos factores anti nutricionales, entre ellas la mimosina, un aminoácido que libre puede provocar intoxicaciones en los animales cuando la consumen en cantidades excesivas.

3.31. Reducción de las emisiones de gases de la actividad ganadera

El metano es un gas que ejerce un potente efecto invernadero y la mayoría del metano generado por la actividad humana procede de las minas de carbón, la agricultura y la ganadería y la gestión de los residuos (vertederos). Sin embargo, muchos estudios indican que la ganadería es una de las actividades que más gases emiten al ambiente, estando alrededor de un 14,5 % (Chara et al., 2019).

El metano entérico producido por el rumiante está positivamente relacionado con la cantidad de alimentos que consumen, no obstante, la *Leucaena* tiene un potencial significativo para reducir las emisiones de metano entérico del ganado a medida que aumenta el consumo de los animales en las mezclas de gramíneas y leguminosas tropicales. Los estudios reflejan la supresión de la metanogénesis entérica es el mecanismo subyacente a las emisiones de metano más bajas y puede redirigir la fermentación del rumen hacia otros productos finales más útiles, aumentando potencialmente la proporción de energía disponible para el crecimiento o la lactancia. Los hallazgos científicos sugieren que, a mayor ganancia de peso vivo, de los animales existe una correlación con la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Ouwerkerk et al., 2008). La reducción de gases de metano ruminales, pudiera estar relacionado por el contenido de taninos condensados en la *L. leucocephala*, ya que los mismos inhiben el crecimiento de algunos microorganismos que producen CH₄ (Chara et al., 2019).

3.32. Control de la degradación y control de los suelos

Las leguminosas arbustivas son relevantes en la recuperación de suelos erosionados, en ambientes áridos y semiáridos. Sus raíces no son del todo protector, pero la degradación presente es lenta, permitiendo compensar las pérdidas por la acción formadora de suelo con su doble simbiosis radicular, tanto con bacterias fijadoras de nitrógeno como con hongos

micorrízicos, situación que permite la acción formadora de suelo. Cuando la estructura de las raíces es cerrada, la acción protectora y formadora de suelo es más eficaz (Chinea et al., 2004).

Sus raíces laterales que crecen horizontalmente y profusamente fijan el suelo con grandes agregados y de forma indirecta mejora las propiedades físicas y físico-químicas de los suelos mediante la incorporación de materia orgánica. Puede crecer en pendiente profundas, laderas empinadas y en tierras marginales con estación seca prolongada, lo que la convierte en una planta excelente para restaurar la cubierta forestal, las cuencas hidrográficas y los pastizales (Mohamed et al., 2017). Algo muy importante es destacar que los árboles de *Leucaena leucocephala* en sistemas silvopastoriles cumplen funciones de regulación hídrica y conservación de fuentes de agua, porque permite aumentar la circulación, infiltración, retención y almacenamiento de agua; protegiendo la conserva de ríos y manantiales y reduciendo daño por inundaciones (Chara et al., 2019).

3.33. Fijación del nitrógeno al suelo

La investigación ha demostrado que el proceso de fijación biológica de nitrógeno es la forma más eficiente de suministro de las grandes cantidades de nitrógeno que necesitan las leguminosas para producir cultivos de alto rendimiento con un alto contenido de proteína. Para que comience el proceso de fijación, las plantas de leguminosas deben entrar en una asociación "simbiótica" o sustancias beneficiosas con bacterias llamadas rizobios. Después de que las semillas de leguminosas germinen, los rizobios presentes en el suelo o agregados como inóculo de semillas invaden los pelos de la raíz multiplicándose rápidamente formando nódulos (Paredes, 2013).

El nitrógeno en el aire de los poros del suelo alrededor se "fija" haciéndose disponible para las plantas. La fijación biológica del nitrógeno es un

proceso importante que permite a las plantas obtener el elemento para realizar su metabolismo. Aunque el aire atmosférico seco tiene un 78% de nitrógeno, las plantas no pueden consumirlo cuando deseen. Las entradas de nitrógeno al suelo por medio de la fijación biológica en simbiosis con bacterias del suelo (rizobios), realizada por plantas de la familia de las leguminosas, especialmente la *Leucaena* disminuyen la necesidad de aporte externo de nitrógeno a los cultivos mediante el abonado. Esta especie en simbiosis con las bacterias *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium* puede fijar de 75 a 200 kilos de nitrógeno por hectárea al año, permitiendo buena adaptación a la planta, aún en sitios con limitantes de nutrición y humedad. Algunos estudios sostienen que los suelos bajo la siembra de esta leguminosa presentan mayor contenido de materia orgánica, C orgánico, N total, nitritos, menor densidad aparente, menor resistencia a la penetración de las raíces, en comparación a los suelos bajo sistemas de gramíneas (Chara et al., 2019).

Los factores que interactúan en la cantidad de nitrógeno fijado van a depender de: edad de la planta, condiciones generales de crecimiento y condiciones meteorológicas además del control de plagas (Kebede, 2021).

3.34. Efectos benéficos de la sombra

También, la sombra de esta leguminosa sirve como nodriza para el desarrollo de otras especies de plantas (crean microambientes con la luz, temperatura, nutrientes y humedad). Contribuyendo con la cobertura vegetal, la biodiversidad y el desarrollo de funciones ecosistémicas del suelo (Navarro y Verdi, 2019).

El follaje de esta leguminosa es utilizado para dar sombra a cultivos como café, cacao, coco, palma de aceite, piña, hule, vainilla y pimienta, la cual puede en ocasiones ser podado con el fin de controlar la intensidad de sombra y satisfacer las necesidades particulares de cada cultivo; además la incompatibilidad de *Leucaena* con un buen número de cultivos se debe

en gran parte a la profundidad a la cual penetran sus raíces evitando la competencia por nutrientes con las raíces superficiales de los cultivos a los que sombrea (Oakes, 1986).

3.35. Regulación hídrica y conservación de fuentes de agua

También es importante destacar que los árboles de Guaje en sistemas silvopastoril, cumplen funciones de regulación hídrica y conservación de fuentes de agua, porque permite aumentar la circulación, infiltración, retención y almacenamiento de agua; protegiendo la conserva de ríos, quebradas y manantiales y reduciendo daños por inundaciones. (Chara, et al, 2019).

3.36. Refugio entomofauna benéfica y fauna silvestre

Muchos estudios han demostrado, que la cobertura arbórea en sistemas agroforestales y silvopastoril, especialmente la *Leucaena leucocephala* son de suma importancia para la conservación de la biodiversidad, ya que albergan gran cantidad y variedad de invertebrados, insectos, escarabajos y arañas; pues proporcionan alimento y refugio a importantes especies que interactúan entre sí en la regeneración de los hábitats (polinizadores y dispersores de semillas) también funciona como un corredor biológico entre parches de bosques para especies de distribución amplia, como las aves y los murciélagos, además mejoran las condiciones micro climáticas porque son amortiguadores de las altas radiaciones solares, de la velocidad de los vientos y de los impactos de las gotas de lluvias. La implementación de potreros arborizados con *Leucaena leucocephala* facilita mantener la fauna silvestre, sin perjudicar los rendimientos de la actividad ganadera cometidos a pastoreo (Botero, et al, 2011).

3.37. *Leucaena leucocephala* como alimento para rumiantes

La *Leucaena leucocephala* es una especie altamente plantable para el ganado, pudiendo soportar altas cargas, además de ser persistente y resistente a la sequía.

Teniendo un mayor uso como forraje en ganado bovino, ya que se ha demostrado que aporta mucha proteína; en cabras se ha utilizado combinando con harina de maíz para aumentar peso y grasa. En porcinos se ha combinado con alfalfa para tratar problemas de parásitos. En experimentos con extractos de *Leucaena* con animales de laboratorio se ha demostrado que aumentan de peso, por lo que lo proponen como una alternativa al forraje de maíz.

Según (Bustamante, 2013), en la producción lechera, el guaje con dieta en un 10— 12% en base seca influye positivamente en los contenidos de grasa y de sólidos totales de la leche, con igual semejanza a los obtenidos con concentrados comerciales, sin detrimento de la condición corporal de los animales. No obstante, (Martínez et al., 2019) observaron en su estudio, que el pastoreo, con un 70% de gramínea y 30 % de *Leucaena*, dio resultados significativos en los indicadores productivos, con reducción del costo de producción. No obstante, (Mohamed et al., 2017) refieren que el follaje de guaje (*Leucaena leucocephala*) aumenta el contenido de grasa y proteína de la leche en un 14% en promedio.

El potencial singular del guaje (*L. leucocephala*) es como alimento o forraje para animales, sobre todo en época de sequía, permitiendo a los mismos, la sobrevivencia y ganancia de peso. Es una de las especies leguminosas que por su alto contenido de proteína es utiliza en sistemas silvopastoril intensivo, pastoreo rotacional y en banco de proteína (Dago et al., 2020).

Sin embargo, todas las especies de leguminosas producen metabolitos secundarios tóxicos, llamada mimosina que pueden afectar el valor nutricional del alimento, así como la salud animal. Son sustancias que las leguminosas metabolizan como un mecanismo de defensa ante el ataque de mohos, bacterias, insectos, pájaros; o condiciones de estrés grande consumo de mimosina en la dieta impiden la digestión, la absorción y la utilización de los nutrientes por el animal, comprometiendo la salud, causando una disminución en el consumo voluntario, pérdida de peso, baja las ganancias de vivo, caída de pelo y aumento de las glándulas tiroides (Ospina et al., 2017).

3.38. *Leucaena leucocephala* como alimento para no rumiantes

Para los animales no rumiantes, como los cerdos, aves de corral, conejos y peces, el guaje no puede ser parte importante en su dieta, ya que la presencia de la mimosina en porcentajes significativos, no son tolerados por los animales. Las raciones usadas para cerdos en crecimiento deben estar por debajo del 7%, aunque la harina de hojas de *L. leucocephala* tratada con ácido acético (30 g/kg) o zeolita (5 %) se puede usar hasta un 20 % de hojas o harina de hojas. En las aves de corral, la dieta conformada por más de un 5% de harina de hojas de *L. leucocephala* provoca disminución del consumo de alimento, ganancia de peso y baja producción de huevos; aunque tostando las hojas, se puede utilizar un 15% en la dieta sin afectar la disminución del rendimiento animal. En conejos, la alimentación con guaje (*L. leucocephala*), sea con hojas frescas o secas o en harina, mejora el rendimiento animal. En dietas que no superen el 40% pudiendo reemplazar el concentrado de alfalfa (*Medicago sativa*) en la dieta de los conejos, cuando se mezcla con salvado de trigo para suplementación, puede ser mortal. En la alimentación de los peces los estudios dan resultados contradictorios (Mohamed et al., 2017).

3.39. *Leucaena leucocephala* como alimento humano

La *Leucaena* contiene un alto valor nutricional tanto para los humanos, como para los animales. En la utilización de la *Leucaena leucocephala* para consumo humano tiene un alto valor nutricional y funcional, debido a su gran contenido de proteínas fibras y antioxidantes, por lo cual es fácil de digerir y tiene una elevada actividad para evitar el envejecimiento celular, disminuyendo el riesgo de presentar enfermedades cardiovasculares o neurodegenerativas. (García, 2020).

Otros usos incluyen la producción de collares de semillas y el uso de las hojas jóvenes.



Figura 9 Consumo de vainas de *Leucaena*

Fuente: <https://totaltepec.wordpress.com/2012/03/18/comida-que-incluye-guaje/>

3.40. Otros usos

La corteza y vaina puede ser utilizada como colorantes de sarapes y para la obtención de taninos para la curtiduría. Así mismo, las semillas maduras son utilizadas para la manufactura de artesanías en la fabricación de collares y pulseras (Pérez, 1979).

IV. CONCLUSIONES

En conclusión de este modelo pecuario como promotor de la conservación faunística local al convertirse en refugio de variadas especies silvestres, al tiempo que mantiene la productividad existente sin alterar el ambiente sustancialmente, donde también es utilizada para diversos fines, destacando en la alimentación animal, para la conservación de suelo, y otros como la importancia de arbusto leguminoso forrajero ya que es una alternativa sustentable para la producción de ganadería de doble propósito (carne y leche). Desde un punto de vista ecosistémico y ambiental proporciona muchos beneficios tales como: fijación de N atmosférico, reducción de la emisión de gases con efecto invernadero, incrementa la materia orgánica en el suelo, y reduce los impactos negativos sobre los recursos naturales y el clima, refugio de entomofauna benéfica y fauna silvestre. Desde un punto de vista económico como elemento principal para la biodiversidad en estos sistemas, tiene funciones multipropósitos. También la gran importancia en los sistemas silvopastoriles utilizando el Guaje (*Leucaena leucocephala*) para promover la biodiversidad y el desarrollo sustentable. Esta especie presenta una muy alta capacidad de adaptación a las más diversas condiciones de los suelos y climas, aunque no resiste al encharcamiento por periodos largos.

Como recomendación en lo que se refiere al establecimiento, ya que es un poco lento sobre todo en los primeros 4 meses, se recomienda emplear algún cultivo o herbicida pre emergente en esta fase, y para tener buenas germinaciones se recomienda escarificar, inocularla con razas rhizobium. Otra recomendación muy importante es sobre la toxicidad de esta planta, recomendaría que se tuviera más información sobre las nuevas alternativas para reducir la toxicidad y poder seguir dando uso como forraje, sobre los requerimientos agroecológicos buscar más soluciones de cómo evitarlas o proponer nuevos métodos.

V. LITERATURA CITADA

- Alonso, J. (2011). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas*. (45): 107-113.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193022245001>
- Anon. (1977). *Leucaena*. Promising forage and tree crop for the tropics. National Academy of Sciences.
- Apan-Salcedo, G. (2019). Sistemas silvopastoriles: Una mirada rápida a los arreglos, masificación y experiencia en Chiapas. *Territorialidades emergentes*.
<https://www.idesmac.org/revistas/index.php/diversidad/article/download/37/33>.
- Bacab, H., Madera, N. B., Solorio, F. J., Vera, F., y Marrufo, D. F. (2013). Los sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería tropical. *Avances en investigación Agropecuaria*. (17):67-81.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83728497006>
- Bakewell, P. (2022). *Leucaena*. CABI Digital Library Compendium
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/10.1079/cabicompendium.31634>.
- Barreto, L. (2006). *Leucaena leucocephala* en Venezuela. Engormix. Artículo técnico.
<https://www.engormix.com/agricultura/articulos/leucaena-leucocephala-en-venezuela-t26661.htm>.
- Bindon, B.M. & Lamond, D.R (1966). Examination of tropical legumes for deleterious effects on animal reproduction. *Proc. Aust. Soc. Anim. Prod.* 6, 109.
- Botero L., y De La Ossa J. (2011). Fauna silvestre asociada a ganado vacuno doble propósito en sistema de Silvopastoreo, Pinto, Magdalena, Colombia. *Rev.MVZ Córdoba* vol.16 no.3.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-02682011000300010.
- Brewbaker, J. L.; Hutton, E. M. (1979). *Leucaena* versatile tropical legume. New Agricultural Corps. (Eds. Ritchie, Cray A.), A.A.A.S. Selected Symposium, N 38, Westview Press. Colorado, USA. pp. 207-259.
- Brewbaker, J.L. (1998). *Leucaena leucocephala*. Un árbol versátil fijador de nitrógeno. En: Una guía útil para los árboles de uso múltiple.
<http://www.inrock.org/forestry.factpub/Sp/leucaena.html.2001>.
- Bustamante J. (2013). Producción de leche en pastoreo suplementado con *Leucaena* en áreas compactas. *Lecherías*, Revista digital.
<https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/produccion-leche-pastoreo-suplementado-t30392.htm>.
- Cansino, J. V. (2001). Botánica económica de cuatro especies de San Juan Ixcaquxstla, mixteca poblana. Tesis de licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo Edo. De México 92-104 pp.

- Chara J., Barahona R., Murgueitio E., Calle Z., and Giraldo C. (2019). Intensive silvopastoral systems with *Leucaena leucocephala* in Latin America. *Tropical Grasslands- Vol. 7(4):259–266* 259. DOI: 10.17138/TGFT (7)259-266
- China, E, Rodríguez, A, y Mora, J. (2004). Control de la erosión del suelo con leguminosas arbustivas forrajeras endémicas de Canarias. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 21(4), 363-373. Recuperado en 15 de mayo de 2023. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-78182004000400006&lng=es&tlng=es.
- Cooksley, D.G. (1974). A study of preplanting herbicide, nitrogen, burning and postemergence cultivation on the establishment of *Leucaena leucocephala*. *Qd J. Agric. Anim. Sci.*31:271.
- Cubillos, A. M., Vallejo, V. E., Arbeli, Z., Terán, W., Dick, R. P., Molina, E., y Roldan, F. (2016). Effect of the conversion of conventional pasture to intensive silvopastoral systems on edaphic bacterial and ammonia oxidizer communities in Colombia. *European Journal of Soil Biology*. (72):42-50. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2015.12.003>
- Dago, Y., Milian J., Calzadilla K., Redonet M., López Y. (2020). Uso potencial de *Leucaena leucocephala* Lam. (*Leucaena*) presente en sistemas agroforestales de Pinar del Río. *Rev cubana ciencias forestales*. [citado 2023 Abr 21]; 8(1): 154-162. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2310-34692020000100154&lng=es. Epub 02-Abr-2020.
- De la Orden, E., Quiroga, A. Ribera D. y Morláns J. (2006). Efecto del sobrepastoreo en un pastizal de altura. Cumbres de Humaya. Catamarca, Argentina. *Ecosistemas*, vol. XV, núm. 3, pp. 141-146, de <https://www.redalyc.org/pdf/540/54015315.pdf>.
- Sánchez, A. R., F. Carrete, J. Eguiarte y A. Quero. (1985). Comparación de Cuatro Alturas de Corte en la Producción de Forraje de *Leucaena* en el Trópico Seco. *Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria*. INIP-SARHUNAM. 147 p. México.
- Eguiarte, V. J., J. Betancourt e I. Herrera. (1986). Potencial Forrajero de la *Leucaena leucocephala* en el Trópico Seco. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco, Campo Experimental “Gilberto Flores Muñoz”, Nayarit. 21 p. México.
- Esquivel, C. (1963). Algunos factores que afectan la nodulación y crecimiento de las leguminosas tropicales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, IICA, 142p.
- Farias, J. (2014). *Leucaena leucocephala*. Uso y Manejo en ganadería de doble propósito. Ganadería de Doble Propósito. Capítulo XIII. Monografía Universidad del Zulia. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/38293>.
- FIRA, Banco de México, S.A. (1980). *Leucaena* (Huaje) leguminosa tropical mexicana. Usos y su potencial. 90p.

- Foroughbakhch, P. y M. Hauad. (1989). Potencial Forrajera de tres Especies de *Leucaena* en el Norte de México: Respuesta a Diferentes Esparcimientos. Reporte Científico No. 12. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León, Linares Nuevo León. 31 p. México.
- García D, Medina M, Moratinos O, Cova L, Torres A, Santos O, Perdomo D (2009) Caracterización químico nutricional de forrajes leguminosos y de otras familias botánicas empleando análisis descriptivo y multivariado. Avances en Investigación Agropecuaria 13: 25-39.
- García Katia (2020) el poder del guaje. Recuperado de: <https://elpoderdelconsumidor.org/2020/02/el-poder-de-el-guaje/>.
- Gallardo, L. (2007). *Leucaena leucocephala* Resultados de Investigación y Tecnología en la Ganadería Intensiva y Extensiva. Tesis de Pregrado. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México.
- Grether, R., A. Martínez-Bernal, M. Lucknow y S. Zárate, (2006). Mimosaceae. Tribu Mimoseae. En: Dávila A., P. D., J. L. Villaseñor R., R. Medina L. y O. Téllez.
- Hegarty, M.P.; Court, R.D. & Thorne, P.M. (1964) a. The determination of mimosina and 3,4- Dihydroxy pyridine in biological material. Aust. J. Agric. Res. 15:168
- Hernández, R. (2011). Percepción y caracterización del uso de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala*) establecida como banco de proteína como estrategia de intensificación (Tesis de Grado). Universidad Autónoma de Chiapas. https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/8071/Hernandez_Percepcion.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Hill, G.D. (1970). Effect of environment on the growth of *Leucaena leucocephala*. The journal of the Australian Institute of Agricultural Science. 36(4):301.
- Hughes, C.E. (1998). *Leucaena*. Manual de Recursos Genéticos. No. 37. Oxford Forestry Institute. Department of Plant Sciences. University of Oxford. P. 91.
- Hutton, E.M. y Bettie, W.M (1976). Field characteristics in the three bred lines of the legume *Leucaena leucocephala*. Trop. Grasslands.10:187.
- INIFAP, (1986) Actualización sobre producción de Forrajes en la Costa del Pacifico. Campo Experimental Pecuaria "El Macho" Tecuala, Nayarit, México. 39 p.
- Joshi, H.S. (1968). The effect of feeding in *Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit on reproduction in Yast. Aust. J. Agric. Res. 19:341
- Kebede, E. (2021). Contribución, utilización y mejora de la fijación biológica de nitrógeno impulsada por leguminosas en sistemas agrícolas. Frente. Sostener. Food Syst., Eco sistémicos Volumen 5 - 2021 | <https://doi.org/10.3389>.
- Machado, R.; M.; Menéndez, J.; García Trujillo, R. (1978). *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* Lam. De wit). Pastos y Forrajes 1:321-347.
- Martínez, J., Gutiérrez, N., Fernández, H., Curvelo, L. y Agüero, L. (2019). Impacto del banco de proteína con *Leucaena leucocephala* cv Perú como complemento de

gramíneas en la producción de leche de Búfalas. Vol. 3 No 1. Revista Ecuatoriana de Ciencia Animal
<http://www.revistaecuadorianadecienciaanimal.com/index.php/RECA/article/view/108>.

Martínez-Hernández PA, Cortez-Díaz E, Purroy-Vázquez R, Palma-García JM, Del Pozo-Rodríguez PP, Vite Cristóbal C (2019) *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit especie clave para una producción bovina sostenible en el trópico. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 22: 331-357

Mishra CM, Srivastava RJ, Singh SI. Pattern of biomass accumulation and Productivity of *Leucaena leucocephala* Var, K-8 under different spacing. *Indian Forrest* (1986); 112(8): 743-746. [www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/ sm_iitf052%20%20\(8\).pdf](http://www.fs.fed.us/global/iitf/pubs/sm_iitf052%20%20(8).pdf)

Matsumoto, H.; Smith, E.G. y Sherman, G.D. (1951). The effect of elevated temperature on the mimosine content and toxicity of Koa haole (*Leucaena glauca*). *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 33:201.

Meunier, E. (2005). Evaluación de dos métodos de escarificación de semilla de *Leucaena leucocephala* a tres tiempos de tratamientos. Tesis de Pregrado. Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”. México
<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5932/T15108%20MEUNIER%20ENRIQUEZ%2c%20ERNESTO%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Mohamed, Z., Sobhy M. y Nader D. (2017). *Leucaena leucocephala* como uno de los árboles maderables milagroso. *Int J Pharm Pharm Sci*, Vol 10, Número 1, 1-7.
https://journals-innovareacademicsin.translate.goog/index.php/ijpps/article/view/18250/13478?x_tr_sl=en&x_tr_tl=es&x_tr_hl=es&x_tr_pto=sc.

Montagnini F., Somarriba, Murgueitio E., Fassola H y Eibl B. *Sistemas agroforestales: funciones productivas, socioeconómicas y ambientales /– 1º ed. – Cali, CO: CIPAV; Turrialba, CR: CATIE, (2015). 454 p.: il. – (Serie técnica. Informe técnico / CATIE; no. 402)*

Murgueitio, E., Chara, J., Barahona, R., Cuartas, C., y Naranjo, J. (2014). Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPI), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*,17(3): 501-507.

NAS. *Leucaena*: promising forage and Tree crop for the tropics. 2nd Ed. Washington, DC: National Academy of Science. (1984).

National Academy of science. (1977). *Leucaena*: Promissing forage and tree crop for the tropic. Washington, D.C. 115 P.

- Navarro, C. y Verdi, M. (2019). La facilitación entre plantas como herramienta de restauración de diversidad y funciones ecosistémicas. *Ecosistemas*. 28(2): 20-31
Doi.: 10.7818/ECOS.1747.
- Normaniza, O., Faisai H. and Barakbah S. (2007). Propiedades de ingeniería de *Leucaena leucocephala* para la prevención del derrumbe de taludes. *Ecological Engineering* Volume 32, Issue 3, Pag. 215-221. <https://www-sciencedirect-com.translate.goog/science/article/abs/pii/S0925857407002091? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es& x tr pto=sc#preview-section-cited-by>.
- Oakes, A. J. (1986). *Leucaena leucocephala*: Description, Culture, Utilization. 114 p. New Delhi, India.
- Osechas, D., L. Becerra L., y Rodríguez Y. (2008). Uso de *Leucaena leucocephala* como recurso forrajero en fincas doble propósito del estado Trujillo, Venezuela. *Agricultura Andina*. Volumen 14, enero-junio 2008. pp. 49-58. <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/agri/n14/articulo4.pdf>.
- Ospina, D., L.A., Buitrago G., M.E., y Vargas S., J.E. (2017). Identificación y degradación de mimosina, un compuesto tóxico en *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Pastos y Forrajes*, 40(4), 257-264. Recuperado en 21 de abril de 2023, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942017000400001&lng=es&tlng=es.
- Ouwerkerk D, Turner A. Klieve A. (2008). Diversidad de metanógenos en rumiantes en Queensland. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 48(7) 722-725 <https://doi.org/10.1071/EA08049>.
- Padma, S., Amarpreet, K, Daizy, B. Shalinder K., and Bhagirath S. (2022). Perspectivas críticas sobre los atributos ecológicos e invasivos de *Leucaena leucocephala*, una especie agroforestal. *Frente. Agron.* Volumen 4 - 2022. <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.890992>.
- Paredes, M. (2013). Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas. (Tesis de pregrado). Universidad Católica Argentina. <https://repositorio.uca.edu.ar/bitstream/123456789/393/1/doc.pdf>.
- Parrota J. (1992). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit *Leucaena*, New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p. <https://rngr-net.translate.goog/publications/arboles-de-puerto-rico/leucaena-leucocephala? x tr sl=en& x tr tl=es& x tr hl=es& x tr pto=sc>.
- Peralta I., Gómez A., Romero P. y Reyes A. (2017). Uso antropocéntrico del guaje *Leucaena esculenta* (Moc. & Sessé Ex. Dc.) Benth, en dos comunidades de la mixteca baja oaxaqueña, México. *Polibotánica*. (43): 349-364. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-27682017000100349&lng=es.
- Pérez, G. Z. (1979). *Leucaena*, Leguminosa Tropical Mexicana. Uso Potencial. Tesis Profesional, Universidad Autónoma Chapingo. 98 p. México.

- Rodríguez FG, Roncallo FB (2013) Producción de forraje y respuesta de cabras en crecimiento en arreglos silvopastoriles basados en Guazuma ulmifolia, *Leucaena leucocephala* y *Crescentia cujete*. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria* 14: 77-89.
- Robles, A. C. (1990). *Leucaena: Árbol de Uso Múltiple (Estudio de Caso en el Oriente del Estado de Morelos)*. Tesis Profesional, Universidad Autónoma de Chapingo. 98 p. México.
- Ruiz, T.E. y Febles, G. (2006). Agrotecnia para el fomento de sistemas con leguminosas. Parte 2. En: Recursos Forrajeros Herbáceos y Arbóreos. (Ed. Milagros Milera). EEPF “indio Hatuey” Matanzas, Cuba-Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. p. 103.
- Ruiz, T. E. y Febles, G. (1988) Establecimiento de *Leucaena*. En *Leucaena una opción para la alimentación animal en el trópico y subtrópico*. Ruiz, T. E. y Febles, G. (eds). EDICA. La Habana, Cuba.
- Salinas, A. (28 de marzo,2007) Usos de la *Leucaena*. ABC periódico digital. Chile. <https://www.abc.com.py/edicion-impres/suplementos/abc-rural/usos-de-la-leucaena-971568.html>.
- Simón L. Del monocultivo de pastos al Silvopastoreo. La experiencia de la EEPF IH. En: *Los árboles en la Ganadería* (Ed). Tomo I. Silvopastoreo. EEPF “Indio Hatuey” Matanzas, Cuba: L. Simón; (1998).
- Santos, M., L. R., Bastos R., González D., Petrescu A., Ferreira D., Barreto W. Cabral J., Goncalves B. and Mosquera M. (2022). Why do Agroforestry Systems enhance biodiversity? Evidence from habitat amount hypothesis predictions. *Front. Ecol. Evol. Sec. Models in Ecology and Evolution*. Volumen 9 – (2021). <https://doi.org/10.3389/fevo.2021.630151>.
- Walton C. (2003). *Leucaena leucocephala* In Queensland. Department of Natural Resources and Mines. *Leucaena Pest Status Review*. Australia. https://www.daf.qld.gov.au/data/assets/pdf_file/0009/57294/IPA-Leucaena-PSA.pdf.
- Wencomo, H. (2008). Evaluación morfoagronómica e isoenzimática y selección de accesiones de *Leucaena* spp. con fines silvopastoriles. Tesis de Posgrado. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana- Cuba.
- Yoshida, R.K. (1944). A chemical and physiological study of the nature and properties the toxic principle in *Leucaena glauca* (Koa Hale). Ph.D. Thesis. Univ. of Minnesota
- Zárate, S. (1987). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit subsp. glabrata — MIMOSACEAE — Publicado en: *Phytologia* 63(4): 304-306. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/44-legum26m.pdf.

<https://totaltepec.wordpress.com/2012/03/18/comida-que-incluye-guaje/>

[https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Leucaena leucocephala Wood in Hong Kong.jpg](https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Leucaena_leucocephala_Wood_in_Hong_Kong.jpg)

https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Siembra-de-Leucaena-leucocephala-A-D-Siembra-en-vivero-de-plantulas-E_fig2_331791459

<https://antoniovyckovilchez.files.wordpress.com/2011/12/17062008064842-manual20uso20leucaena.pdf>

<https://www.arbolesornamentales.es/Leucaena%20leucocephala.pdf>