



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA CAMPUS II



Rendimiento de forraje de la asociación *Moringa oleífera*, *Leucaena leucocephala* y zacate jaragua en la Región Centro del estado de Chiapas.

TESIS

Presentada como requisito parcial para la obtención de grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL

Por:

ING. CARMEN GONZÁLEZ SANTIAGO.

Director.

DR. GILBERTO YONG ÁNGEL

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México

Octubre de 2015



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA
Y ZOOTECNIA CAMPUS II



Rendimiento de forraje de la asociación *Moringa oleífera*, *Leucaena leucocephala* y zacate jaragua en la Región Centro del estado de Chiapas.

TESIS

Presentada como requisito parcial para la obtención de grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
TROPICAL

Por:

ING. CARMEN GONZÁLEZ SANTIAGO.

Director.

DR. GILBERTO YONG ÁNGEL

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. México

Octubre de 2015

Agradecimientos.

Agradezco a Dios permitirme ser parte de esta comunidad

A mi familia por su apoyo incondicional, Mily mi ayuda idónea, mi compañera y amiga de toda la vida.

A Carmen Isaac, Janeth Berenice, Jonathan Josué y Rebeca Esther; regalos de Dios que han alegrado toda mi vida

A los Doctores Gilberto Yong y Patricia Macías por su apoyo en la dirección y demás para poder concluir este trabajo.

A la Universidad Autónoma de Chiapas por permitirme la oportunidad de superarme

Al CONACYT por permitirme ser parte de su comunidad académica



Universidad Autónoma de Chiapas
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Campus II



Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 10 Noviembre 2015

Esta tesis titulada **“RENDIMIENTO DE FORRAJE DE LA ASOCIACIÓN MORINGA OLEÍFERA, LEUCAENA LEUCOCEPHALA Y ZACATE JARAGUA EN LA REGIÓN CENTRO DEL ESTADO DE CHIAPAS.”** , forma parte del proyecto de investigación registrado en la Coordinación de Investigación y Posgrado de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Sistemas Pecuarios Tropicales, del Grupo de Investigación Innovación para el Desarrollo Agropecuario.

Se incluye en la Línea de Generación y Aplicación del Conocimiento: Sistemas Pecuarios Tropicales del Programa de Maestría en Ciencias en Producción Agropecuaria Tropical.



Universidad Autónoma de Chiapas

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia C-II
Coordinación de Investigación y Posgrado

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 10 Noviembre 2015.

Esta tesis titulada: **"RENDIMIENTO DE FORRAJE DE LA ASOCIACIÓN MORINGA OLEÍFERA, LEUCAENA LEUCOCEPHALA Y ZACATE JARAGUA EN LA REGIÓN CENTRO DEL ESTADO DE CHIAPAS."** fue realizada por el **ING. CARMEN GONZÁLEZ SANTIAGO**, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

COMITÉ TUTORIAL

DR. GILBERTO YONG ANGEL

ASESORES:

DR. LUIS ALBERTO MIRANDA ROMERO

DR. GUSTAVO COSSIO MORENO

DR. BENIGNO RUIZ SESMA

DRA. PAULA MENDOZA NAZAR



Universidad Autónoma de Chiapas

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia C-II
Coordinación de Investigación y Posgrado

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas a 10 Noviembre 2015.

Esta tesis titulada: **“RENDIMIENTO DE FORRAJE DE LA ASOCIACIÓN MORINGA OLEÍFERA, LEUCAENA LEUCOCEPHALA Y ZACATE JARAGUA EN LA REGIÓN CENTRO DEL ESTADO DE CHIAPAS.”** fue realizada por el **ING. CARMEN GONZÁLEZ SANTIAGO**, ha sido **APROBADA** por la Comisión Revisora indicada, como requisito parcial para obtener el grado de **MAESTRO EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGROPECUARIA TROPICAL**.

COMISIÓN REVISORA

DR. GILBERTO YONG ANGEL

DR. LUIS ALBERTO MIRANDA ROMERO

DR. GUSTAVO COSSIO MORENO

DR. BENIGNO RUIZ SESMA

DRA. PAULA MENDOZA NAZAR

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo General.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.2. Hipótesis.	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. La ganadería en Chiapas.	3
2.1.1 Costos de alimentación.	3
2.2 Los sistemas agrosilvopastoriles.....	3
2.2.1. Cercas vivas.....	4
2.2.2. Bancos de forrajeros.	4
2.2.3. Pastura en callejones.	5
2.2.4. Árboles y arbustos dispersos en potreros	5
2.2.5. Sistema silvopastoril Intensivo	5
2.3. Los arboles propuestos.....	6
2.3.1. <i>Leucaena leucocephala</i>	6
2.3.2. <i>Guazuma ulmifolia</i>	9
2.3.3. <i>Moringa oleífera</i>	11
2.4. Degradación del suelo	13
2.5. Restauración del recurso suelo	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1 Localización.	16
3.2. Fecha de ejecución y duración.....	16
3.3. Descripción del lugar.....	16
3.3.1. Antecedentes.	16
3.3.2. Acondicionamiento del terreno.....	16
3.4 Preparación del terreno.	17
3.5. Surcado.....	18
3.6 Experimento 1. Producción de forraje y maíz	18
3.6.1. Delimitación de parcelas	18
3.6.2. Preparación de plantas <i>Guazuma ulmifolia</i>	19

3.6.3. Preparación de semillas de <i>Leucaena leucocephala</i> .	21
3.6.4. Consideraciones para la siembra de <i>Moringa oleífera</i> .	22
3.6.5. Consideraciones para la siembra de maíz.	23
3.6.6. Descripción de los tratamientos.	23
3.6.7. Parámetros a medir en los tratamientos.	26
3.7. Experimento 2. Efecto de las diferentes coberturas en la erosión.	27
3.7.1. Consideraciones generales.	27
3.7.2. Dimensiones y orientación.	27
3.7.3. Medición de los sedimentos	27
3.8. Experimento 3. Análisis de suelo.	28
3.8.1. Toma de muestras.	28
3.8.2. Muestreo final.	28
3.9. Experimento 4. Seguimiento a la fenología de las especies establecidas	28
3.9.1 Determinación de las diferentes etapas fenológicas de las especies probadas.	28
3.9.2. Muestreos totales.	28
3.9.3. Duración de la toma de datos.	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1 Densidad de plantas.	30
4.2. Rendimiento de forraje de maíz.	31
4.3. Rendimiento de forraje de <i>Guazuma ulmifolia</i>	32
4.4. Rendimiento de forraje de <i>Leucaena leucocephala</i> .	33
4.5. Rendimiento de pasto.	34
4.6. Rendimiento total de forraje	35
4.7. Calidad nutritiva de los componentes del sistema agrosilvopastoril.	37
4.7.1 Calidad nutritiva del maíz.	37
4.7.2. Calidad nutritiva de <i>Leucaena leucocephala</i> ,	37
4.7.3. Calidad nutritiva de <i>Guazuma ulmifolia</i> .	38
4.7.4. Calidad nutritiva del pasto jaragua (<i>Hyparrhenia rufa</i>)	38
4.8. Rendimiento de maíz	39
4.9. Efecto de las diferentes coberturas en la erosión.	41
4.10. Análisis de suelo.	42

4.11. Seguimiento a la fenología de las especies establecidas.....	44
4.11.1. Altura total desde la base	44
4.11.2. Diámetro de tallo a la altura de 0.05 m.....	46
4.11.3. Días a la primera floración.....	46
V. CONCLUSIONES	50
VI. LITERATURA CITADA	53
VII. Apéndice	63

Índice de cuadros y figuras

Cuadros	Nombre	Pagina
Cuadro 1	Descripción de los tratamientos	24
Cuadro 2	Densidad final de plantas por especie plantada y tratamiento.	28
Cuadro 3	Rendimiento de forraje de maíz (<i>Zea maíz</i>) en Kg ha ⁻¹ .	29
Cuadro 4	Rendimiento de forraje de <i>Guazuma ulmifolia</i> en t/ha.	30
Cuadro 5	Rendimiento de forraje de <i>Leucaena leucocephala</i>	31
Cuadro 6	Rendimiento de forraje de pasto nativo <i>Hyparrhenia rufa</i> (Kg ha ⁻¹).	32
Cuadro 7	Rendimiento total de forraje del sistema agrosilvopastoril.	34
Cuadro 8	Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) en el forraje de maíz.	35
Cuadro 9	Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida para el forraje de <i>Leucaena leucocephala</i> .	36
Cuadro 10	Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida para el forraje de caulote <i>Guazuma ulmifolia</i> .	36
Cuadro 11	Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida para el forraje de pasto jaragua <i>Hyparrhenia rufa</i> .	37
Cuadro 12	Rendimiento de grano de maíz (<i>Zea maíz</i>) en Kg ha ⁻¹ . ciclo 2013.	38
Cuadro 13	Rendimiento de grano de maíz (<i>Zea maíz</i>) en Kg ha ⁻¹ . ciclo 2014	38
Cuadro 14	Rendimiento de forraje de <i>Guazuma ulmifolia</i> por tratamiento.	39

Cuadro 15	Análisis de suelo, inicial y al final en las diferentes áreas de manejo.	40
Cuadro 16	Estadísticas climatológicas normales de la estación Acala, municipio de Acala.	62
Figuras	Nombre	Pagina
Figura 1	Aspecto inicial del terreno, extracción de árboles que no comieron los animales pastoreados	18
Figura 2	Suelo roturado antes de la siembra	19
Figura 3	Esquema del ordenamiento de las especies en cada unidad experimental.	20
Figura 4	Plantas de caulote (<i>Guazuma ulmifolia</i>) de tres meses de ser sembradas, listas para ser trasplantadas a su lugar definitivo	21
Figura 5	Trasplante de caulote (<i>Guazuma ulmifolia</i>)	22
Figura 6.	Semillas de <i>Leucaena leucocephala</i> Lam cv cunningham depositadas en chorrillo antes de ser cubiertas por suelo.	23
Figura 7	Siembra de maíz a espeque.	24
Figura 8.	Comportamiento de la altura promedio por especie de la muestra seleccionada.	43
Figura 9	Comportamiento de la diámetro a la primera rama (promedio por especie) de las muestra seleccionada.	44
Grafica 10	Peso seco de hoja raíz y tallo de <i>Moringa oleífera</i> .	45
Grafica 11	Peso seco de hoja, raíz y tallo de <i>Guazuma ulmifolia</i> .	46
Grafica 12	Peso seco de hoja raíz y tallo de <i>Leucaena leucocephala</i>	47

Resumen.

La alimentación del ganado bovino es una preocupación de todo ganadero de Chiapas del país, la búsqueda de alternativas que solucionen este insumo es el objetivo del siguiente trabajo. Se propuso un sistema pastoril con tres especies de árboles en un arreglo estratificado; sobrevivieron dos especies arbóreas *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y el pasto nativo (*Hyparrhenia ruffa*). Se encontraron correlaciones positivas ($p \leq 0.05\%$) entre la producción total de pasto y la presencia de arboles leguminosos. También se encontró que todos los tratamientos con arboles superaron ($p \leq 0.05\%$) a la pradera tradicional. El arreglo estratificado no es funcional por la heterogeneidad presentada en el desarrollo vegetativo de cada especie, llegando al momento óptimo de aprovechamiento de forraje en distintos momentos. La producción de maíz para grano forraje no recupera la inversión en el cultivo, y tampoco representa una alternativa rentable para producción de forraje.

Palabras clave: *Leucaena*, *Guazuma*, *Hyparrhenia rufa*, arreglo estratificado, forraje, maíz.

Abstract.

Feeding cattle is a concern of every farmer in Chiapas in the country, the search for alternatives to solve this input is the purpose of this study. A pastoral system with three species of trees in a layered arrangement is proposed. Finally they survived two tree species *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* and native grass (*Hyparrhenia ruffa*). Positive correlations ($p \leq 0.05\%$) among the total production of grass and the presence of leguminous trees were found. It was also found that all treatments with trees exceeded ($p \leq 0.05\%$) to the traditional meadow. The layered arrangement is not functional due to the heterogeneity presented in the vegetative development of each species, reaching the optimum time for harvesting forage at different times. Production of corn for feed grain does not recover the investment in the culture, and does not represent a cost effective alternative for forage production.

Keywords: *Leucaena*, *Guazuma*, *Hyparrhenia rufa*, stratified arrangement, fodder, corn.

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de alternativas en el campo mexicano y chiapaneco es indiscutible, pero más aun en zonas áridas o con precipitaciones mínimas. Es el caso de las conformaciones fisiográficas conocida como los Valles Centrales de Chiapas, entre los Altos de Chiapas y la Sierra Madre de Chiapas.

Las actividades agropecuarias en la región, son el cultivo del maíz, sorgo y la ganadería. El uso del primero es la producción de grano para consumo humano, el segundo para la producción de forraje y grano para consumo animal. La tendencia es el abandonar la siembra de maíz y usar los terrenos para sorgo y pastoreo.

Lo anterior se da en un entorno climático de precipitaciones menores de 1,000 milímetros, aunado a evaporaciones cercanas a los 1,500 mm y temperaturas medias diurnas de casi 30°C, según datos de la estación meteorológica Acala (Serrano *et al.*, 2006) insertada en la región Llanos del Estado de Chiapas.

Debido al deterioro del suelo, las nulas prácticas de conservación y la quema de residuos de cosecha; han contraído la siembra de maíz, y algunos terrenos se han abandonado, solo se aprovechan los pocos pastos para la alimentación del ganado.

La ganadería enfrenta problemas de estacionalidad, como una disminución drástica de la disponibilidad de forraje al terminar las lluvias, esto provoca disminución de la condición corporal de los animales, disminución de producción de leche, y en casos extremos muerte de los animales, principalmente los becerros que tienen dificultades para consumir la pastura seca.

Leucaena leucocephala es un arbusto que tiene una raíz muy profunda, *Moringa oleífera*, y *Guazuma ulmifolia*, almacenan agua en sus tallos y raíces que les permite administrarlos durante la época de secas, por lo que son plantas promisorias para la alimentación animal.

Hay muchas experiencias trabajando con una especie para producción de forraje, una asociación de dos especies de árboles son más escasas, y el uso de tres son casi inexistentes.

En este sentido se propone una asociación de especies en plantaciones y manejarlas a diferentes alturas para producción de forraje. Es decir hacer podas a diferentes alturas. *Guazuma ulmifolia* se pretendió podar a 0.60 metros, *Leucaena leucocephala* a 1.00 metros y *Moringa oleífera* a los 1.6 metros, distribuyendo espacialmente los estratos para maximizar el aprovechamiento de luz, agua y suelo.

Usar la especie con menor follaje en los estratos superiores y la que tienen más abundante follaje en el estrato inferior. Por esta razón se propone usar *Moringa oleífera* en el estrato superior, en el estrato medio *Leucaena leucocephala* y en el estrato bajo *Guazuma ulmifolia*.

Moringa oleífera tiene un follaje más escaso, en comparación con *Leucaena leucocephala*, se espera que la cantidad de luz, que deje pasar *Moringa oleífera* sea suficiente para desarrollar el follaje adecuado de *Leucaena leucocephala*. Esta especie, es moderadamente tolerante a la sombra. *Guazuma ulmifolia* es altamente tolerante a la sombra, razón por la cual se ubica en el estrato más bajo. Esto también permite hacer uso del espacio vertical, horizontal y longitudinal en la parcelas de prueba.

El maíz se sembró a la densidad que los productores siembran en la región.

Los objetivos de la presente investigación fueron:

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General.

Evaluar una metodología para la producción de forrajes en condiciones de poca precipitación, en el municipio de municipio de Acala, Chiapas.

1.1.2. Objetivos Específicos

Evaluar la producción de forrajes de las especies *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Moringa oleífera* y pasto jaragua.

Evaluar el efecto de las diferentes coberturas productoras de forrajes en la erosión del suelo.

Evaluar el efecto de las coberturas arbóreas en la producción de maíz.

1.2. Hipótesis.

Hipótesis 1. La producción de forraje se incrementa al aumentar la densidad de plantas, el número de géneros, ordenados en un arreglo espacial estratificado, abatiendo los índices de erosión.

Hipótesis 2. Las diferentes coberturas productoras de forrajes no tienen efecto en la erosión del suelo.

Hipótesis 3. La producción de maíz se incrementa en el tiempo por la adición de materia orgánica y fijación de N de las leguminosas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. La ganadería en Chiapas.

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera con datos del año 2013 señala que en el aspecto ganadero, el inventario estatal es de 2,615,554 cabezas. Por otro lado, el censo agropecuario señala, que el inventario se encuentra en 87,340 unidades de producción que ocupan 1,426,563 ha. En cuanto a calidad genética 48.98% es ganado cruzado, 22.95 es corriente, 21.65 se clasifica como fino y por último el de registro únicamente 3.75 (INEGI¹, 2007).

Con relación al uso de tecnologías en las Unidades de Producción (UP) ganaderas el 90.56% del inventario estatal está vacunado, en el 88.24% controla la garrapata, en el 10.60% se usa alimento balanceado, en el 1.41% se usa inseminación artificial; 0.46% aplica hormonas y 0.20% usa implante de embriones (INEGI, 2007).

2.1.1 Costos de alimentación.

Para la ganadería de carne existen datos que los costos de alimentación representan entre el 70 y el 80% (Morales, 2001), algo muy parecido en la ganadería de leche y doble propósito. En las condiciones extensivas no se aprecia esta inversión, pues el animal busca su alimento en las praderas. Los gastos erogados son el mantenimiento de la pradera (González, 2014).

Mientras el pasto sigue creciendo en los terrenos sin ninguna práctica de conservación, el ganado tiene disposición de forraje. Pero en el caso de la región específica donde se ubica el experimento, pueden observarse suelos erosionados donde el material parental ha quedado descubierto, por el lavado de la capa fértil y en esos espacios el pasto no crece. Y esta condición no es exclusiva de área de intervención. Pinto (2000) mencionó que el 60% del área de pasturas en el estado de Chiapas, está en algún proceso de degradación.

2.2 Los sistemas agrosilvopastoriles.

Los sistemas silvopastoriles no es algo nuevo. El dejar en las praderas arboles para fines de sombra es un sistema silvopastoril denominado arboles dispersos. También se usan árboles como cercas vivas, donde los animales comen el follaje de las ramas, de las hojas secas y frutos maduros que caen al suelo. Pezo e Ibrahim, (1999) lo definen como una opción de producción pecuaria que involucra la presencia de las leñosas perennes (árboles o arbustos) e interactúa con los componentes tradicionales (forrajeras herbáceas animales) todos ellos bajo un sistema de manejo integral.

¹ Instituto Nacional de Estadística y Geografía

La anterior definición permite que los árboles pueden tener un propósito como forraje o no, pues pueden presentar beneficios como, disminuir los efectos limitantes del clima sobre las plantas y animales; aumentar la resiliencia a través de la diversificación de productos y servicios; además el recurso suelo incrementa su productividad y el beneficio neto en el largo plazo. También permite que los componentes del sistema en diferentes superficies. En praderas de forrajes de herbáceas con leñosas perennes las cuales son sometidos al consumo directo, se presentan interacciones entre las plantas, el animal con sus excretas mejora el suelo, pero también causa daño mecánico a las ramas y compacta el suelo por pisoteo y demás (SAGARPA², 2015). Entre las opciones de silvopastoriles en los sistemas de producción ganadera podemos enumerar los siguientes.

2.2.1. Cercas vivas

Esta práctica consiste en el establecimiento de árboles o arbustos para la delimitación de potreros o propiedades. Su establecimiento es hasta un 50% más barato que el de las cercas convencionales. Por otro lado, las cercas reducen la presión que existe sobre el bosque para la obtención de postes y leña (Pezo *et al.*, 1999).

Se ha encontrado que el uso de las plantas que componen una cerca viva en Veracruz, tiene como uso adicional el comestible, medicinal, ornamental, maderable, y melíferas (Avendaño *et al.*, 2000).

2.2.2. Bancos de forrajeros.

Los bancos forrajeros son áreas en las cuales las especies forrajeras se cultivan en bloque compacto y a alta densidad. Si la especie empleada es un arbusto o árbol el banco forrajero se constituye en una opción silvopastoril (SAGARPA¹, 2015)

El objetivo del banco es maximizar la producción de biomasa de alta calidad nutritiva. Si el forraje de la especie utilizada contiene más del 15% de proteínas cruda, el sistema se denomina banco de proteína y si además presenta altos niveles de energía digerible, recibe el nombre de banco energético-proteínico (Pezo *et al.*, 1999).

Las especies usadas deben poseer una buena proporción de hojas con calidad nutritiva aceptable, alta tasa de rebrote, y resistencia alta a podas mecánicas y defoliaciones frecuentes e intensas por los animales (Roothaert, 2001).

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.²

2.2.3. Pastura en callejones.

El cultivo en callejones es un sistema agroforestal en el cual se establecen hileras de plantas leñosas perennes con cultivos anuales sembrados en los espacios entre las hileras. Lo más común es utilizar leguminosas de rápido crecimiento. Esta porción se considera silvopastoril cuando las plantas leñosas son sometidas regularmente a podas con propósitos forrajeros, o bien cuando el cultivo entre las hileras de leñosas es alguna especie forrajera (Valarezo, 2012).

2.2.4. Árboles y arbustos dispersos en potreros

Los árboles y arbustos dispersos en los potreros pueden ser el resultado de la intervención del productor, a través del manejo selectivo de la vegetación que nace naturalmente, remanentes de la vegetación existente antes de usar el terreno como pradera o bien por la introducción de árboles arbustos en potreros establecidos con anterioridad (Pezo *et al.*, 1999).

Este sistema también puede ocurrir de manera natural cuando la vegetación está constituida por la combinación de árboles y arbustos con pasturas como en el caso de los matorrales o las sabanas, o como resultado de proceso de sucesión vegetal tendientes a una vegetación de selva madura, como es el caso de los acahuals (Martínez *et al.*, 2013).

2.2.5. Sistema silvopastoril Intensivo

Es una opción silvopastoril para la producción de forraje de alta calidad y amigable con el ambiente, que se caracteriza por tener altas densidades de arbustos o arboles forrajeros. Estas plantaciones comerciales generalmente son de densidades de 60 mil plantas por ha, en Michoacán se trabaja principalmente con *Leucaena leucocephala* (Solorio *et al.*, 2008).

Hasta el 2009 se habían establecido en Michoacán 1,774 ha de sistemas pastoriles intensivos, usando *Leucaena leucocephala* asociada con pastos. La leguminosa se maneja con podas regulares, permitiendo el aprovechamiento de rebrotes, En esta asociación los pastos se benefician de la aportación de materia orgánica, disminución de la temperatura ambiente, mejor aprovechamiento de la humedad, teniendo como efecto, una mayor producción de forraje, mayor carga animal por ha, entre otros (Moreno, 2010).

Otros sistemas están usando algunos árboles como *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Moringa oleifera*, y otras a distancias amplias de 2 y tres metros entre plantas. De los cuales se han realizado diferentes estudios, Siendo la combinación más exitosa la asociación *G. ulmifolia* y *L. leucocephala* (Petit *et al.*, 2010).

2.3. Los árboles propuestos

Los árboles propuestos para el experimento son: *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa Oleifera*. A continuación se revisan algunas características importantes de estas especies

2.3.1. *Leucaena leucocephala*.

Esta planta crece de manera natural en la región y es de las pocas plantas que sigue desarrollando follaje aún cuando las lluvias han cesado. Esta planta originaria de México y todo Mesoamérica, desde donde se ha dispersado a todo el mundo (Benítez y Bernal, 2009).

2.3.1.1. Descripción de *Leucaena leucocephala*

Zárate (1994) reporta que es un árbol perennifolio de 3 hasta 12 m de altura, con diámetro a altura de pecho de hasta 25 cm. Tiene una copa redondeada, ligeramente abierta y rala. Hojas alternas, bipinnadas, de 9 a 25 cm de largo, verde grisáceo y glabras, foliolos de 11 a 24 pares, de 8 a 15 mm de largo, elípticos y algo oblicuos. Tronco torcido que se bifurca a diferentes alturas. Ramas cilíndricas ascendentes. Las flores de *Leucaena leucocephala* son de un tipo denominado cabezuelas, con 100 a 180 flores blancas, hermafroditas, de 1.2 a 2.5 cm de diámetro, flor de 4.1 a 5.3 mm de largo, pétalos libres, cáliz de 11 a 25 cm de largo, pétalos libres, cáliz de 2.3 a 3.1 mm. Los frutos son vainas oblongas, estípitas, en capítulos florales de 1 a más de 30 vainas, de 11 a 25 cm de largo por 1.2 a 2.3 cm de ancho, verdes cuando están tiernas y cafés cuando están maduras, conteniendo de 15 a 30 semillas.

Las semillas de *Leucaena leucocephala* son ligeramente elípticas de 0.5 a 1 cm de largo por 3 a 6 cm de ancho, aplanadas, color café brillante, dispuesta transversalmente en la vaina. Un kilogramo de semillas puede contener de 18 a 34,000 semillas. La semilla está cubierta por una cera que retarda la absorción de agua durante la germinación. Por esta razón se recomienda escarificarlas de varias maneras, usando agua caliente, remojo o lijado. Las raíces de *Leucaena leucocephala* es típica, profunda y extendida. La raíz primaria penetra en las capas profundas del suelo y aprovecha el agua y los minerales por debajo de la zona a la que llegan las raíces de muchas plantas agrícolas (Zárate, 1994).

Guevara y Guenni (2004) encontraron que la aportación de material vegetativo maduro inicia a los 60 días después de la germinación, cuando las primeras hojas maduran y se incorporan al suelo. Estos mismos autores encontraron que en 110 días de experimento, cuando tomaron la totalidad de la planta y obtuvieron el peso seco de la totalidad de la planta, el material incorporado fue el 10% del peso seco total de la planta. También encontraron que la distribución que hace la planta de asimilados, los utiliza para hacer crecer la raíz, para garantizar la sobrevivencia de

las plantas en época seca. Una vez que la raíz crece entonces dedica estos mismos asimilados al crecimiento de hojas y tallos.

2.3.1.2. Distribución de *Leucaena leucocephala*

Es una especie de amplia distribución en las regiones tropicales y subtropicales del país, a una altitud de 0 a 900 m. Sobre el litoral del pacifico lo encontramos desde Baja California Sur hasta Perú. En el litoral del atlántico desde Tamaulipas hasta Brasil. También se reporta la presencia en Coahuila, Durango, estado de México. (Zárate, 1994).

Desde este espacio se distribuido a las Filipinas, llevada por los españoles, desde ahí se disperso al resto de Asia y Oceanía, posteriormente al Continente Africano.

2.3.1.3. Hábitat de *Leucaena leucocephala*

Prospera en una gran diversidad de ambientes, que es la razón principal de su distribución, se adapta a climas adversos, principalmente con restricciones de agua.

Zárate (1994) reportó que esta planta crece de manera excelente en tierras bajas, en sitios secos con 350 mm/año hasta húmedos con 2,300 mm/año y temperatura media anual de 22°C a 30°C grados centígrados. Es necesario un periodo seco de 4 a 6 meses. Crece en una amplia variedad de suelos, desde neutros hasta alcalinos, siempre y cuando sean suelos bien drenados, no compactados ni ácidos. Los mejores resultados se obtienen con pH de 6.5 a 7.5, suelos con valores de pH inferiores a 5.5, no son recomendados. Vargas y Estrada (2011) concluyen que la planta no se recomienda en bancos de proteína por su menor rendimiento en comparación a otras especies, en condiciones de precipitación de 1,700 mm por año.

2.3.1.4. Fisiología de *Leucaena leucocephala*

Es una especie de rápido crecimiento, longevidad de 50 años, muestra un incremento medio anual de 2.4 m en altura y 2.4 cm en diámetro. El crecimiento es lento en las primeras etapas de desarrollo de la planta, en sitios donde no hay estación seca definida y la precipitación mayor a 2,500 mm; pero una vez establecida, su productividad es alta aún bajo defoliación regular (Zárate, 1994).

Leucaena leucocephala puede establecer una asociación simbiótica con bacterias del genero *Rhizobium* y/o *Bradyrhizobium*. También produce nódulos espontáneamente con las cepas nativas de *Rhizobium* existentes donde se establezca dicha planta, lo que permite se adapte muy bien, aún en sitios con limitantes de disponibilidad de nutrientes y disponibilidad de agua. Forma nódulos grandes y en cantidades numerosas en las raicillas de las capas superficiales y aireadas del suelo. También se puede inocular con el hongo *Glomus* con la

finalidad de buscar una mayor exploración de suelo, cuando los micelios del hongo penetran en la raíz, se extiende por todo el suelo cercano. (Villegas, 2011).

2.3.1.5. Usos de *Leucaena leucocephala*

Se reporta su uso como barrera contra incendios, barrera rompe vientos, ornamental y como sombra del cultivo de café (Daza, 2010; ACTI³,1984; CATIE⁴ 1991).

Jiménez et al.; (2014) caracterizaron las fibras de *Leucaena leucocephala* para producir papel, encontrando características sobresalientes para su producción.

De la flor se obtienen aceites esenciales, las semillas se usan para joyería, de la madera se obtienen tintes, como combustible por su alto valor calorífico 4200 a 4600 Kcal/ kg, los frutos son apreciados por su alto contenido de vitamina a y proteína 46%.(ACTI, 1984)

El follaje es un excelente forraje, su contenido de proteínas varía de 19 al 21% de proteínas, rico en Ca, K y vitaminas; (Solorio et al., 2008). Gutiérrez et al., 2012, recomiendan mantener la plantas a una altura de un metro del suelo, lo cual logró mediante cortes o controlando la intensidad de pastoreo. La altura de poda fue investigada en Chiapas analizando la producción de materia seca con podas a diferentes alturas (Jo, 1990).

2.3.1.6. Factores antinutricionales de *Leucaena leucocephala*

Las plantas que funcionan como forrajes poseen algunas defensas mecánicas como las espinas, también sustancias que intoxican al animal o definitivamente lo envenenan (Guttridge et al., 1998). *Leucaena leucocephala* no tiene espinas pero contiene un aminoácido toxico llamado mimosina, que ocasiona daño a mamíferos no rumiantes y aves de corral.

En Australia se introdujo *Leucaena* y los animales alimentados con esta planta, sufrían alopecia y finalmente muerte del animal. Fue Raymond J. Jones quien descubrió la bacteria *Synergistes joanesii* capaz de degradar mimosina o sus isómeros como el 3-hydroxy-4(IH)-pyridone que intoxica a los animales, (Allison et al., 1992) estos organismos se han introducido en Australia y los problemas de toxicidad (cuando se adiciona mayor del 30% de la dieta diaria de *Leucaena leucocephala*) han sido controlados. Este mismo procedimiento ha sido replicado en otras partes del mundo como Sudamérica. África y Asia; donde *Leucaena leucocephala* no es nativa (Dalzell, et al., 2012; Halliday et al., 2013).

³ Advisory Committe on Tecnology Innovation

⁴ Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Aye y Adegun (2013), analizaron la harina deshidratada de *Leucaena sp.* en Nigeria encontrando 3.79 mg/100 g; ácido fítico 49.01 mg/100 g; saponinas 5.88%, 5.78% y flavonoides 4.57%, también encontraron concentraciones de 3.62% de celulosa y 1.87 de hemicelulosa, así como un alto contenido de proteínas 27.31 mg/100 g; por lo que se recomienda como forraje para todo tipo de ganado.

García *et al.*, (2008) agruparon a *Leucaena leucocephala* cv Cunningham, a *Leucaena leucocephala* cv 7 y *Leucaena leucocephala* cv. América por su bajo contenido de taninos, mimosina y su elevada degradabilidad en el rumen, y consideraron que estos son aspectos favorables para ser usados de forma intensiva en sistemas de alimentación animal. En otro estudio concluyeron que la degradabilidad de la materia seca, proteína cruda y fibra detergente neutra se vio afectada por los contenidos de polifenoles y fitatos algunas accesiones de *Leucaena leucocephala* presentaron los mejores resultados (García, *et al.*, 2008b).

Por otro lado, Galindo, *et al.*, (2007) encontraron que alimentar a toros cebú con *Leucaena leucocephala* en Cuba, no produce alteraciones en la composición de las bacterias degradadoras de mimosina en el rumen, donde la bacteria se encuentra de manera natural, pero si se produce un incremento en las bacterias degradadoras de la celulosa y al mismo tiempo reduce la población de protozoarios, por lo que concluyen que se mejora la composición microbiana del rumen y recomiendan el uso de esta planta para estos fines.

2.3.2. *Guazuma ulmifolia*.

Esta planta crece en la región y es usada en corrales, en los potreros como sombra para el ganado, también es muy resistente a la sequía. se puede encontrar desde el centro de México hasta el norte de Argentina. (CATIE, 1991b).

2.3.2.1. Descripción de *Guazuma ulmifolia*

Este género es un árbol mediano, caducifolio, de 2 a 15 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 40 cm (hasta 80 cm), normalmente de menor talla (8 m). En algunos casos se desarrolla como arbusto muy ramificado y en otros como un árbol de un solo tallo regularmente posee una copa abierta, redondeada y extendida, con ramas largas muy extendidas, horizontales o ligeramente colgantes. (CATIE, 1991b).

Las hojas son alternas, simples; láminas de 3 a 13 cm de largo por 1.5 a 6.5 cm de ancho, ovadas o lanceoladas, con el margen aserrado; verde oscuras y rasposas en el haz y verde grisáceas amarillentas y sedosas en el envés. (Pennington y Sarukhan, 2005).

Las flores son panículas de 2 a 5 cm de largo, flores actinomorfas pequeñas, blancas y amarillas, con olor dulce, de 5 mm de diámetro; cáliz veloso de 2 a 3 lóbulos, sépalos verdosos y pétalos de color crema. Los frutos son una cápsula de 3 a 4 cm de largo, en infrutescencias de 10 cm, ovoide, 5-valvada, abriéndose tardíamente, con numerosas protuberancias cónicas en la superficie, moreno oscuro a negra cuando está madura, olor y sabor dulce. Permanecen largo tiempo en el árbol. Dentro de los frutos encontramos las semillas. Estas son numerosas (entre 40 a 80) de menos de 1 mm, duras, redondeadas, pardas. Los frutos se abren en el ápice o irregularmente por poros. (CONABIO⁵, 2014).

2.3.2.2. Distribución de *Guazuma ulmifolia*

Este árbol lo podemos encontrar desde el norte de México, todos los países centroamericanos y hasta la porción norte de Argentina. En nuestro país podemos ubicarlo por toda la vertiente del Golfo de México, desde Tamaulipas hasta la Península de Yucatán y el litoral del Océano Pacífico desde Sonora hasta Chiapas, (Penington y Sarukhan, 2005).

2.3.2.3. Hábitat de *Guazuma ulmifolia*

Habita en altitudes entre 0 a 1500 m, en suelos de origen volcánico o sedimentario, con un amplio rango de suelos, con pH mayor a 5.5. Es una especie muy abundante en la vegetación secundaria especialmente en zonas con temporada seca bien marcada o en zonas con vegetación de sabana, o potreros, en toda la zona cálida húmeda. Es característica de sitios abiertos. Se desarrolla en lugares con temperaturas de 20 a 30°C, con períodos secos de 4 a 7 meses y con precipitaciones anuales de 700 a 1,500 mm. Puede presentarse como especie importante en las etapas secundarias muy avanzadas de selvas medianas subperennifolias, dando la impresión de ser elemento primario. (Penington y Sarukhan, 2005).

2.3.2.4. Fisiología de *Guazuma ulmifolia*

Especie de fácil adaptación, tanto a sitios áridos como zonas muy húmedas. Es una especie de crecimiento muy rápido, especialmente si se establece en suelos de texturas ligeras, por debajo de los 800 m de altitud, con precipitaciones entre 900 y 1500 mm, con estación seca marcada. La especie llega a crecer en altura de 2.4 a 2.9 m por año. Produce gran cantidad de follaje cuya descomposición es lenta (CONABIO, 2014).

2.3.2.5. Usos de *Guazuma ulmifolia*

El fruto verde es dulce y se come crudo, molido y frutos maduros. Con las semillas y frutos maduros se preparan tortillas, atole y pinole. Se puede preparar una

⁵ Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad

bebida machacando el fruto en el agua. También la flor es comestible. Se usa ampliamente como leña, su preferencia es en razón de sus cualidades como: secado, resistencia a la pudrición, escaso humo, alto poder calórico (18,600 k/ kg) y es capaz de arder aún verde (CATIE,1991b).

Velázquez (2013) afirma que el follaje es un excelente forraje y uso harina de *Guazuma ulmifolia* para engorda de ovinos. Villa *et al.*, (2009) reportan el uso, de esta planta en bovinos. También se reporta su uso en porcinos, venados, burros y otras especies de animales. Los frutos constituyen un forraje de alto valor nutritivo. La corteza cocida, el jugo y los frutos macerados en agua, se usan para clarificar jarabes en la manufactura del azúcar de caña, cuando se hace la melaza. La madera es ligera y blanda es usada para elaborar cajas y embalajes, tableros de partículas, interiores de viviendas y para la carpintería en general (CATIE,1991b).

2.3.2.6. Factores antinutricionales de *Guazuma ulmifolia*

Una evaluación de la composición química, digestibilidad y consumo por bovinos de tres árboles forrajeros, *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Guazuma ulmifolia* concluyo que los dos primeros son mejores forrajes, debido a que *Guazuma ulmifolia* presentó el menor contenido de nitrógeno, además, una alta proporción de este, se encuentra ligado al contenido de la pared celular (Vargas y Elvira, 1994).

Ortega *et al.*, (1998) reportaron presencia de taninos en hojas 0.145 mg/g y en tallos (0.087 mg/g). Esto es acorde a lo reportado por Pinto *et al.*, (2009) quienes analizaron la actividad biológica de los polifenoles totales y taninos condensados en nueve follajes y cinco frutos arbóreos de la región central del estado de Chiapas. Dentro de algunos resultados se menciona que *Guazuma ulmifolia* y *Acacia milleriana* presentaron los valores más altos de los factores antinutricionales anteriormente mencionados.

Otero e Hidalgo (2004) reportan el uso de taninos concentrados en una concentración del 2 al 4% pueden disminuir las perdidas por parasitosis gastrointestinales.

Grainger, *et al.*, (2009) reportan el uso de taninos condensados para reducir las emisiones de metano, encontrando que este proceso disminuye los rendimientos en carne y leche. Similares resultados reportan Bauchemin *et al.*, (2007)

2.3.3. *Moringa oleífera*

Este árbol es originario de la India que posee diversas propiedades nutricionales y medicinales. Esta es la principal razón, por la que ha sido utilizada tradicionalmente, en Asia y África como alimento humano y animal. (Pérez, 2011)

2.3.3.1. Descripción de *Moringa oleífera*

La *Moringa oleífera* es una planta de crecimiento muy rápido, en el primer año se puede desarrollar y crecer como árbol alcanzando varios metros, hasta tres o incluso cinco en condiciones ideales de cultivo. Es una planta que crece muy bien en áreas semiáridas o propensas a la sequía, beneficiándose de algún riego esporádico, resistente aunque con tendencia a perder las hojas en períodos de estrés hídrico. También se beneficia de algún pequeño aporte de fertilizante. Ideal para muchas de las comunidades indígenas y campesinas en las regiones más alejadas (Olson, 2002).

Moringa oleífera se puede establecer fácilmente en la región por estas razones: es de crecimiento rápido y por lo mismo produce mucha biomasa, es de raíz profunda, llena de raíces laterales menos profundas y superficiales, es de crecimiento rápido después de repetidas podas, su facilidad de cultivo, proporciona derivados de múltiples usos, tiene un alto contenido proteínico (nitrógeno) en el follaje y tiene auto sistema preventivo para dejar caer ramas en caso de exceso de follaje en la corona. Las flores son de color blanco-crema y aparecen principalmente en las épocas de sequía, cuando el árbol suele perder las hojas. El Fruto es una vaina, parecida a una legumbre, pero de sección triangular, de unos 30 - 45 cm de longitud. Las semillas son negruzcas, redondeadas y con un tejido a modo de "alas". Se trata de un árbol muy interesante, de formas atractivas y admite muy bien las podas (Olson, 2002).

2.3.3.2. Distribución de *Moringa oleífera*

Como se mencionó el árbol es originario del sur del Himalaya, nordeste de la India. Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Actualmente se encuentra diseminado en gran en la gran mayoría de los países tropicales (Foidl *et al.*, 2003; Olson, 2002).

Arias (2014), señala referencias de la moringa en los cajones que envió el botánico de la corte real española en Filipinas Don Juan de Cuéllar a México en la Nao que llegaba a Acapulco en México, citando los archivos de la Biblioteca Cervantes.

2.3.3.3. Hábitat de *Moringa oleífera*

La moringa prefiere suelos bien drenados, profundos y con un nivel freático no muy profundo, sin encharcamientos prolongados. También señalan que este árbol requiere de suelos francos-francos arcillosos, no tolera suelos arcillosos o vertisoles, ni suelos con mal drenaje Foidl *et al.*, (2003). Es tolerante a los pH ácidos y alcalinos, pero su mejor desempeño lo tiene con pH neutro o ligeramente ácido. La temperatura donde se desarrolla es de los 20 a 40°C. Estas condiciones las encontramos desde los 0 msnm y en función de la latitud podemos encontrar

altitudes de 1,600 msnm en las cercanías al ecuador (Olson, 2002a; Olson, 2002). Esta macro región corresponde a las zonas tropicales (Olson y Fahey, 2011).

2.3.3.4. Fisiología de *Moringa oleífera*

Es una planta muy resistente a la sequía, (Olson, 2002^a) alcanza de 7 a 12 m de altura y de 20 a 40 cm de diámetro, con una copa abierta, tipo paraguas, y fuste regularmente recto (Foidl, *et al.*, 2003).

Las razones por las que puede resistir la sequía se debe a que en sus tallos y raíces almacena agua, al menor estrés hídrico tira las hojas, para evitar la deshidratación. (Olson, 2002).

Amaglo, *et al.*, (2006) reportan alturas de 87.76, 80.76 y 73.57 cm de altura a los 60 días después de la siembra a densidades de 4, 2 y 1.3 millones de plantas por ha. Considerándola una planta de rápido crecimiento.

2.3.3.5. Usos de *Moringa oleífera*

El uso para fines de alimentación humana ha sido un uso muy común para la moringa desde muchos siglos, Ante la gran expectativa Olson y Fahey (2011) realizaron un estudio para conocer algunas limitantes para este uso encontraron que es una planta apta para consumo humano. Price (2007), señala el uso de la moringa para combatir la desnutrición infantil en Senegal, su uso alimenticio en la dieta de ese país y algunos usos medicinales.

Como forraje para animales se reporta su uso en borregos en el estado de Sinaloa con resultados promisorios. Encontraron que los costos de alimentar los animales usando moringa son 10 veces menor que cuando se utilizó alimento balanceado. Las pruebas de digestibilidad (porcentaje aprovechable del forraje consumido por un rumiante), efectuadas en bovinos, mostraron tasas de conversión alimenticia y producción de leche similares a las obtenidas usando alimentos balanceados otros forrajes. (Foidl, *et al.*, 2003; Pérez, 2011).

2.3.3.6. Factores antinutricionales de *Moringa oleífera*

Aye y Adegum (2013) encontraron 3.09 mg/100 g de taninos, saponinas 6.55%, alcaloides 3.32 % y flavonoides 2.34%; y concluyen que es un muy buen forraje para todo tipo de animales. Por otra parte, Foidl *et al.*, 2003 reportan que los factores antinutricionales como taninos y saponinas son mínimos, prácticamente despreciables y no se han encontrado inhibidores de tripsina ni de lectina.

2.4. Degradación del suelo

Al suelo se le considera un recurso natural frágil y no renovable, en razón que resulta difícil y costoso recuperarlo o, incluso, mejorar sus propiedades después de haber sido erosionado por las fuerzas abrasivas del agua y el viento o

deteriorado física o químicamente. La creciente demanda de alimentos para una población en crecimiento, constituye una enorme presión tanto sobre los ecosistemas naturales (para ser transformados en terrenos agrícolas o pecuarios), como sobre las tierras ya destinadas a estas actividades productivas, lo que favorece el deterioro del suelo. Este deterioro reduce su capacidad actual y/o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados (CONAFOR⁶, 2007).

Los resultados de la evaluación de la degradación de los suelos causada por el hombre en la Republica Mexicana, en el 2003, considera que el 54.8% no presenta degradación aparente; el 23.3% presenta degradación ligera; el 19.7% degradación moderada; 1.4% degradación severa y 0.9% degradación extrema. (CONAFOR, 2007).

Pinto (2010) afirma que las causas del deterioro de las pasturas en el estado de Chiapas son: el uso de pastos no adecuados, sobrepastoreo, compactación del suelo, quemas no controladas, practicas de labranza inadecuadas, ausencia de coberturas vegetales, nulas practicas de conservación de suelos. También señala que el 60% del área de pasturas en el Estado de Chiapas, está en algún proceso de degradación.

2.5. Restauración del recurso suelo

La restauración del suelo es el proceso para restituir la capacidad actual y futura para sostener ecosistemas naturales o manejados. Para este propósito se llevan a cabo una serie de obras y prácticas para el caso de terrenos agrícolas de pequeñas dimensiones. Las primeras se consideran las terrazas, que pueden ser de muro vivo, de formación sucesiva, individuales, barreras de piedra en curvas de nivel y otras más. Las zanjas que también tienen diferentes modalidades, como las de trinchera, sistema de zanja bordo y una gran variedad de particularidades. Para el caso de las practicas se pueden mencionas las cortinas rompe vientos, el acomodo de material vegetal muerto, sistemas agroforestales, entre otros. (CONAFOR, 2007).

Una muestra de dichas prácticas, es lo realizado por Jadhav, *et al.*; (2006) quienes establecieron una barrera vegetativa con *Leucaena sp* en un terreno descuidado y sembraron dos cultivos asociados, un tratamiento con gandul más sorgo y otro con gandul más soya; la distancia entre planta de 0.25 m fue la que tuvo el máximo retorno monetario.

Por otro lado Crespo, (2008) afirma que, la incorporación de árboles y arbustos en los sistemas ganaderos tradicionales mejora su estructura y disminuye los procesos de erosión. Estos resultados se explican por el mayor reciclaje de

⁶ Comisión Nacional Forestal

nutrientes que se produce y la fijación de N, así como por la profundización de las raíces de los árboles, la mayor actividad de la macro y mesofauna y el control de la erosión.

III. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Localización.

El experimento se llevo a cabo en la parcela el Cerrito, en el kilometro 1 de la carretera Acala - al entronque con la carretera Tuxtla Gutiérrez La Angostura. Estas tierras pertenecen al Ejido Acala, municipio del mismo nombre.

Este municipio se encuentra ubicado en la región económica Llanos, según el orden administrativo estatal; y al Distrito de Desarrollo Rural 01 Tuxtla para la administración federal.

3.2. Fecha de ejecución y duración.

El experimento se llevo a cabo de marzo del 2013 a noviembre del 2014, cubriendo dos ciclos de temporal para la producción de maíz. Durante 21 meses se dio seguimiento a la prueba.

3.3. Descripción del lugar.

3.3.1. Antecedentes.

El Predio se abrió al cultivo hace 50 años, la vegetación se componía de acacias y otras plantas de porte bajo. Hace 20 años se sembró jocote (*Spondias mombim*), pero este no prosperó, volviendo a sembrar maíz. Este cultivo ya no respondió, y las cosechas eran cada vez más bajas.

Desde hace 10 años se abandono y lo que creció fue el pasto, usándose para pastoreo, donde cada año se queman los restos de pasto. Es un pasto que no fue establecido, crece de forma natural en la región.

3.3.2. Acondicionamiento del terreno.

Luego que los bovinos aprovecharon el pasto antes del mes de marzo, se procedió a eliminar algunos árboles de porte bajo, que el ganado no consumió. Son arboles que producen muchas espinas de color blanco, con hojas muy pequeñas 0.5 cm, las espinas están presentes aún en las ramas pequeñas. Se hizo uso de una retroexcavadora que arranco de raíz estas plantas y se depositaron fuera de la parcela.

Para cubrir el área experimental del terreno fue necesario un total de 12 horas de trabajo de la maquina, pues los arboles estaban enterrados profundamente, siendo necesarias varias maniobras antes de poder derribarlos totalmente.



Figura 1. Aspecto inicial del terreno, extracción de árboles que no comieron los animales pastoreados.

3.4 Preparación del terreno.

Para iniciar las labores de preparación del terreno se espero que las lluvias permitieran mejores condiciones para manejar el suelo.

Esto se logro a finales de junio del 2013, cuando las lluvias fueron más frecuentes y en cantidad suficiente.

Una vez que se logró la humedad adecuada del suelo, se iniciaron las labores de remoción, con un tractor agrícola, se realizo un subsolado para romper el piso de arado y remover el suelo a mayor profundidad. Posteriormente se barbecho, con la finalidad de exponer las raíces de los pastos y que estos permitieran el desarrollo inicial de las plantas que se establecerían y luego se realizó un paso de rastra para terminar de exponer las raíces y que los terrones grandes se volvieran de un menor tamaño, de tal manera que permitiera las actividades de siembra directa y trasplante.

El suelo estaba compactado por la actividad de pastoreo, por lo que se reservó una superficie en estas mismas condiciones, con la finalidad de poder comparar el efecto de las actividades propuestas con la condición inicial.



Figura 2. Suelo roturado antes de la siembra

3.5. Surcado.

Sobre el terreno preparado se delimitaron curvas de nivel, estas estaban en contrasentido de la pendiente. En la parte alta menor al 3% y conforme se avanzó esta se tornaba más pronunciada sobre todo en el tercer bloque donde se pudo observar una pendiente del 8%.

Siguiendo estas curvas de nivel se realizó el surcado, con el mismo tractor. Los surcos fueron trazados con una separación de 0.75 m, uno de otro. El implemento agrícola fue un arado de vertedera, el cual es usado en la región por los mismos agricultores.

3.6 Experimento 1. Producción de forraje y maíz

3.6.1. Delimitación de parcelas

Sobre este trazo se delimitaron parcelas para cada tratamiento; el tamaño de la parcela fue de 6 m de ancho por 5 m de largo. Esta unidad experimental se integro de 4 surcos de maíz, dos surcos de caulote (*Guazuma ulmifolia*), dos surcos de guash (*Leucaena leucocephala*) y un surco de moringa (*Moringa oleífera*). Todos de seis metros de largo. La distancia entre planta y plantas de las especies arbóreas fueron según el tratamiento a 5, 10 y 20 cm para el caso de *Leucaena leucocephala*. Para *Guazuma ulmifolia* 20, 40 y 80 cm. Para *Moringa oleífera* 20 y 40 cm. El maíz se sembró a 20 cm entre planta y planta.

Los surcos se trazaron a una distancia de 75 cm de separación, en una condición ideal en una hectárea se delimitarían 133 surcos de 100 m de longitud. Para lograr

la densidad deseada de cada especie en particular, se ajustó con la distancia entre planta y planta.

En la parte superior de la pendiente, primero se establecieron dos surcos de maíz, posteriormente se trasplantó un surco caulote (*Guazuma ulmifolia*), después un surco de guash (*Leucaena leucocephala*), en seguida un surco de moringa (*Moringa oleífera*), nuevamente un surco de guash (*Leucaena leucocephala*), un surco caulote (*Guazuma ulmifolia*) y finalmente dos surcos de maíz. Todos los surcos se trazaron en contrasentido de la pendiente, es decir lo que se denomina surcos en contorno.

El banco de proteína perenne se encontraba rodeado en ambos extremos de la parcela por surcos de maíz. Cada parcela (unidad experimental) se separaba de otra por una distancia de dos metros.

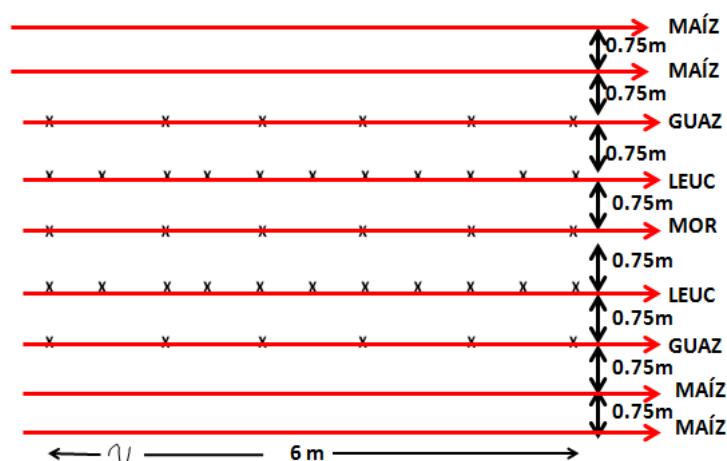


Figura 3 Esquema del ordenamiento de las especies en cada unidad experimental. Para integrar los tratamientos se consideró las tres especies.

3.6.2. Preparación de plantas *Guazuma ulmifolia*.

Para el caso de *Guazuma ulmifolia*, en razón del tamaño de semilla y su lento desarrollo en los primeros años, se usaron plantas de tres meses de edad producidas en condiciones de vivero.

El procedimiento consistió en la colecta de semillas en el terreno obtenidas de la parcela experimental. Se colectaron frutos maduros, recién depositados en el suelo, seleccionándose los de mayor tamaño. Estos frutos tenían una coloración negra, eran firmes, la parte exterior con una consistencia muy áspera.

A estos frutos se les extrajo las semillas. Estas eran grisáceas, menores a 1 mm, de una consistencia muy dura. Una vez separadas las semillas, se depositaron en un frasco de cristal y se les agregó agua hirviendo, y se dejó reposar 12 horas.

Pudo observarse como se formaba una capa mucilaginosa alrededor de la semilla, que se desintegraba después de la inmersión de 12 horas.

Inmediatamente las semillas eran separadas del agua, para ello se usó un colador comercial, y así drenar el agua. Se le extendió en un papel periódico por una hora para permitir el manejo de la semilla. Estas semillas se depositaron en contenedores de plástico negro, con dimensiones de 10 cm de ancho y 15 cm de largo. Se depositaron tres semillas por contenedor, y si germinaban más de una planta se seleccionaba la mejor. Se mantuvieron siempre húmedas, con riegos diarios, durante tres meses. En este tiempo alcanzaban una altura de 25 cm en promedio. En esta condición se llevaron a campo.



Figura 4. Plantas de caulote (*Guazuma ulmifolia*) de tres meses de ser sembradas, listas para ser trasplantadas a su lugar definitivo.

Se estableció el caulote (*Guazuma ulmifolia*) a distancias entre planta y planta de 0.2 m, 0.4 m y 0.8 m; que arrojaron tres de densidades de población, 22 mil, 11 mil y 5.5 mil plantas por ha. Para ello se hicieron cepas de tamaño suficiente para que el cepellón estuviera totalmente cubierto de tierra.



Figura 5. Trasplante de caulote (*Guazuma ulmifolia*)

3.6.3. Preparación de semillas de *Leucaena leucocephala*.

Para *Leucaena leucocephala* Lam cv cunningham con separación entre planta y planta de 0.05, 0.10 m y 0.20 m. es de plantas por ha se estimó en 88 mil, 44 mil y 22 mil plantas por ha respectivamente para cada espaciamiento.

En un primer momento se obtuvo la semilla de Fundación Produce Michoacán. Se escarificó la semilla, sumergiéndolas en agua por 12 horas, previas a la siembra, en recipiente de plástico. Al final se observó que la cutícula de la semilla se tornaba suave y estas aumentaban de tamaño. Esto es similar a lo reportado por

González, *et al.*, (2005), quienes recomiendan esperar que las semillas se sequen a la sombra hasta que hayan alcanzado el tamaño inicial antes de hidratarse.

Fueron depositadas en el surco a chorrillo y cubiertas con una pequeña capa de suelo que se procuró, no excedió dos veces el tamaño de la semilla. La densidad deseada se logró con raleo seleccionando las plantas mejor posicionadas.



Figura 6. Semillas de *Leucaena leucocephala* Lam cv cunningham depositadas en chorrillo antes de ser cubiertas por suelo.

3.6.4. Consideraciones para la siembra de *Moringa oleífera*.

Para *Moringa oleífera* se tomó en cuenta el tamaño de la semilla, el desarrollo muy rápido de la planta durante los primeros meses, se usó la siembra directa. A la semilla no se le dio tratamiento alguno, solo se aseguró de que estuviera limpia y de color negro, separándose las que no cumplieron esta característica.

Se observaron en esta especie, las separaciones entre planta y planta de 0.20 m y 0.40 m. esto genera una densidad de población de 22 mil y 11 mil plantas por ha respectivamente.

Conjugando las especies y las densidades se obtuvieron 18 tratamientos, más un tratamiento adicional del estado inicial del sitio; en total 19 tratamientos. En razón que durante el tiempo del experimento la *Moringa oleífera* pereció, finalmente se

tuvieron nueve tratamientos más un tratamiento de solo maíz, y otro de solo pasto; en total 11 tratamientos.

3.6.5. Consideraciones para la siembra de maíz.

Con respecto al maíz, este fue sembrado a una distancia entre planta y plante de 0.20 m, y obtener un densidad de siembra de 66,000 plantas por ha. Esta especie no varió sus densidades, en todos los tratamientos fue la misma cantidad de plantas. La variedad sembrada fue la V-526, para el ciclo primavera verano del 2013. En el ciclo primavera verano del 2014, se uso la variedad VS-535. Ambas variedades liberadas por INIFAP para la siembra en regiones maiceras de Chiapas.

La siembra se realizó a espeque como lo realizan los productores de la región.



Figura 7. Siembra de maíz a espeque.

3.6.6. Descripción de los tratamientos.

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Tratamiento	Descripción
Tratamiento 1	4 surcos de maíz
	2 surcos de <i>Leucaena leucocephala</i> establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.05 m
	2 surcos de <i>Guazuma ulmifolia</i> establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.20 m

Pasto *Hyparrhenia rufa* creciendo de forma natural entre las plantas de las dos especies anteriormente mencionadas

Tratamiento 2 4 surcos de maíz

2 surcos de *Leucaena leucocephala* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.05 m

2 surcos de *Guazuma ulmifolia* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.40 m

Pasto *Hyparrhenia rufa* creciendo de forma natural entre las plantas de las dos especies anteriormente mencionadas

Tratamiento 3 4 surcos de maíz

2 surcos de *Leucaena leucocephala* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.05 m

2 surcos de *Guazuma ulmifolia* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.80 m

Pasto *Hyparrhenia rufa* creciendo de forma natural entre las plantas de las dos especies anteriormente mencionadas

Tratamiento 4 4 surcos de maíz

2 surcos de *Leucaena leucocephala* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.10 m

2 surcos de *Guazuma ulmifolia* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.2 m

Pasto *Hyparrhenia rufa* creciendo de forma natural entre las plantas de las dos especies anteriormente mencionadas

Tratamiento 5 4 surcos de maíz

2 surcos de *Leucaena leucocephala* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.10 m

2 surcos de *Guazuma ulmifolia* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.40 m

Pasto *Hyparrhenia rufa* creciendo de forma natural entre las plantas de las dos especies anteriormente mencionadas

- Tratamiento 6 4 surcos de maíz
- 2 surcos de *Leucaena leucocephala* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.10 m
- 2 surcos de *Guazuma ulmifolia* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.80 m
- Pasto *Hyparrhenia rufa* creciendo de forma natural entre las plantas de las dos especies anteriormente mencionadas
- Tratamiento 7 4 surcos de maíz
- 2 surcos de *Leucaena leucocephala* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.20 m
- 2 surcos de *Guazuma ulmifolia* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0..20 m
- Pasto *Hyparrhenia rufa* creciendo de forma natural entre las plantas de las dos especies anteriormente mencionadas
- Tratamiento 8 4 surcos de maíz
- 2 surcos de *Leucaena leucocephala* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.20 m
- 2 surcos de *Guazuma ulmifolia* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.40 m
- Pasto *Hyparrhenia rufa* creciendo de forma natural entre las plantas de las dos especies anteriormente mencionadas
- Tratamiento 9 4 surcos de maíz
- 2 surcos de *Leucaena leucocephala* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0..20 m
- 2 surcos de *Guazuma ulmifolia* establecidas a una distancia entre planta y planta de 0.80 m
- Pasto *Hyparrhenia rufa* creciendo de forma natural entre las plantas de las dos especies anteriormente mencionadas
- Tratamiento 10 9 surcos de maíz

3.6.7. Parámetros a medir en los tratamientos.

Para el caso del maíz (*Zea mays*), se espera a que la planta alcanzara punto de cosecha y se colectó la parte aérea, para determinar peso seco total, y rendimiento de grano.

Para determinar el rendimiento de maíz se tomaron muestras de 6 m de longitud de un surco, tres veces datos que servirán para calcular el rendimiento por ha de grano.

Para determinar rendimiento de forraje de las especies probadas se colectó las hojas y tallos de las puntas de las ramas presentes en seis metros de longitud, determinándose peso fresco y peso constante. Este material fue dispuesto en bolsas de papel y depositadas dentro de un estufa de aire forzado a una temperatura de 60 °C, las cuales se tomaban lectura de peso cada 24 horas, hasta que el peso fue constante, como lo describe De la Rosa *et al.*, (2002).

Para conocer la producción de pasto en los tratamientos se aforó usando un cuadrado de metal de 0.50 m en cada lado. Se lanzó al azar y se colectó todo el material presente dentro de esta superficie, conforme a la técnica descrita por Botero y Murillo (2008). Este material se le determinó, peso fresco y peso constante. Se le determinó materia seca, proteína cruda, FDN y FDA.

Con los aforos de las especies arbóreas, el forraje de maíz y la cantidad de pasto se determinó la cantidad total de forraje. En el caso de las arbóreas se colectaron las puntas de las ramas, las hojas verdes y en la parte inferior hasta donde los tallos se tornan color grisáceo, mas lignificados. Se consideró que esta es la parte que debe de colectarse, por ser la parte más atractiva para los semovientes o para ser ensilado. (Petit *et al.*, 2010)

3.7. Experimento 2. Efecto de las diferentes coberturas en la erosión.

3.7.1. Consideraciones generales.

En las parcelas con tratamiento 1 que posee el mayor número de plantas establecidas se montaron parcelas de escurrimientos, por considerar que es el máximo de cobertura que puede tenerse en el experimento 1.

Las parcelas de escurrimiento en el cultivo de maíz, se tomaron los cinco surcos presentes entre línea y línea de banco de proteína. Esto es cinco líneas de árboles, cinco líneas de maíz.

Para las parcelas de escurrimiento que se ubicaron en la pradera con pasto nativo, conocido como jaragua (*Hyparrhenia rufa*) se realizó de manera aleatoria. Esta área se ubicó donde el pasto estuvo creciendo de forma natural, se mantuvo el sitio sin perturbación, ni de labranza, ni de pastoreo, como se encontraba antes de establecer el experimento.

En todos los casos fue un tratamiento y dos repeticiones, en total de nueve parcelas de escurrimiento.

3.7.2. Dimensiones y orientación.

Las dimensiones de cada parcela de escurrimiento fue de 0.80 m de ancho y 3.0 m de largo. El ancho de la parcela de escurrimiento, se ubicó de forma perpendicular a la pendiente y el largo en el sentido de esta. Se delimitó cada parcela con bambú de tal manera que el agua y los sedimentos se quedaran dentro de la parcela de escurrimiento.

En la parte final se colocó un depósito para coleccionar el agua junto con los sedimentos.

3.7.3. Medición de los sedimentos

Se determinó el peso del material suspendido, producto del arrastre de suelo por el agua. Para este procedimiento se coleccionaron muestras después de cada lluvia. Cada líquido se depositaba en recipientes que permanecían sin moverse durante siete días cuando menos. En este momento los sedimentos estaban en el fondo del recipiente. Por decantación se separó los sólidos del agua. Este se depositaba en recipientes de porcelana que soportara el calor y se llevaba hasta peso constante. Este se comparó con la superficie de la parcela y se extrapoló a kilogramos por ha.

3.8. Experimento 3. Análisis de suelo.

3.8.1. Toma de muestras.

Una vez preparado el terreno, se realizó un muestreo de suelo, el cual se determinaron sus características físicas, y químicas.

Se integro de 20 submuestras distribuidas aleatoriamente sobre todo el terreno. La profundidad de muestreo fue hasta 0.25 m. Estas muestras se mezclaron de tal manera que toda fuera homogénea.

3.8.2. Muestreo final.

Al finalizar el período de prueba nuevamente se tomaron submuestras de suelo de tres escenarios. El banco de proteínas, el terreno cultivado con maíz y la pradera natural.

En todos los casos se tomo una muestra compuesta por 20 submuestras, que después de ser homogenizada, se tomo una parte de ella para determinar sus características. La profundidad de muestreo fue hasta 0.25 m.

3.9. Experimento 4. Seguimiento a la fenología de las especies establecidas

3.9.1 Determinación de las diferentes etapas fenológicas de las especies probadas.

Después de establecida la parcela, a una muestra integrada por nueve plantas al azar, tres plantas de cada especie. A esta muestra, se le tomo lecturas siguientes: a) diámetro de tallo a 0.05 m, posteriormente a 0.20 m, b) altura total desde la base, c) altura a la primera bifurcación, d) número de hojas, e) largo ancho de hojas, f) número de ramas g) ancho y largo de las ramas y h) diámetro del tallo a la primera bifurcación i) días a la primera floración.

3.9.2. Muestreos totales.

Se realizaron muestreos donde se colecto la totalidad de las plantas de las especies *Leucaena*, *Guazuma* y *Moringa*. De esta muestra fueron separados tallo, hoja y raíz; tomándose el peso fresco y peso constante. Para este proceso se utilizo la técnica descrita por Crespo, *et al.*, (2007) para el uso del horno de micro ondas en el secado del material vegetal.

3.9.3. Duración de la toma de datos.

Se inicio la toma de estos datos después de dos meses de establecidas las especies en campo y por los cuatro meses siguientes el día primero de cada mes se realizó la toma de datos.

3.10. Diseño Experimental.

El diseño experimental completamente al azar, para calcular la diferencia mínima significativa se realizó un análisis de varianza, se usó para el análisis de datos. También se calcularon análisis de varianza y coeficiente de variación en donde no se aplicó el mencionado análisis.

El modelo utilizado fue:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

Y= Producción de materia seca.

T_i= Efecto del tratamiento.

E_{ij}= Efecto del error

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Densidad de plantas

El experimento con *Moringa oleifera*, como las otras especies se establecieron al inicio del período de lluvias, germinando un 90 %, alcanzando 40 cm de altura; este comportamiento se observó hasta finalizar las lluvias. Debido a la falta de agua, no logro establecerse y desapareció; no encontrando reportes en la literatura, por el contrario Lok y Suárez (2014), reportan que aplicando 25 t de estiércol de bovino, obtuvieron a los 60 días, un desarrollo de la planta de 1 m y 35 hojas por rama y una producción 6.6 t de MS ha⁻¹.

Para el establecimiento de *Leucaena leucocephala* fue necesario aplicar un raleo y redefinir la población de plantas con base al número de tratamientos. Machado y Núñez (1994) encontraron que la velocidad de crecimiento de esta especie era baja durante los 30 días después de la siembra, hasta los 65 días.

En el caso de *Guazuma ulmifolia*, el establecimiento se hizo a través de plantas de vivero, teniendo una tasa de germinación baja. CATIE (1991 B), señala que la tasa de germinación puede incrementarse, escarificando la semilla.

Cuadro 2. Densidad final de plantas por especie plantada y tratamiento.

<i>Leucaena leucocephala</i>				<i>Guazuma ulmifolia</i>		
Tratamiento	Media	coeficiente de variación	Desviación estándar	Media	coeficiente de variación	Desviación estándar
Tratamiento 1	20,555.7	16.44	2,377.7	21,666.7	10.26	2,222.5
Tratamiento 2	19,814.7	37.65	5,248.6	15,185.3	10.26	1,156.4
Tratamiento 3	16,666.7	34.80	4,076.5	6,852.0	7.62	1,397.7
Tratamiento 4	23,704.0	6.77	1,129.3	24,629.7	20.40	7,250.4
Tratamiento 5	22,222.0	20.46	3,201.0	4,444.3	29.44	2,545.8
Tratamiento 6	19,259.3	37.65	5,100.2	3,889.0	57.28	1,111.0
Tratamiento 7	22,777.7	27.16	4,355.1	12,777.7	28.57	2,002.6
Tratamiento 8	22,592.7	5.12	814.1	12,592.3	15.67	2,312.7
Tratamiento 9	18,888.7	7.78	1,033.8	5,000.0	18.37	1,111.0

En este apartado, se observa que la adaptación de las plantas a este medio con limitantes para el desarrollo vegetal, las especies reaccionan de manera diferente.

Leucaena leucocephala tuvo un promedio de sobrevivencia del 37.04% y *Guazuma ulmifolia* 62.16%. Las densidades de plantas para *Leucaena leucocephala* más elevadas tuvieron menor porcentaje de sobrevivencia. *Guazuma ulmifolia* no tuvo un comportamiento que pueda asociarse a la densidad de plantas. Montero *et al.*, (2011) reporta un porcentaje de sobrevivencia del 100% en Veracruz, durante el periodo de lluvias, usando plantas de vivero. De igual manera Bover *et al.*, (2013) reporta porcentajes de sobrevivencia de 94 al 99%, para *Leucaena leucocephala*, en Cuba sembrando durante el período de lluvias.

Las densidades más altas de *Leucaena leucocephala* disminuyeron su número de plantas, lo que se atribuye a la competencia con el pasto, de manera que al haber más competencia entre plantas por la misma cantidad de recursos, sobreviven los mejor adaptados. En este sentido Bover *et al.*, (2013) encontró que el control de malezas durante los primeros trece meses de establecida *Leucaena leucocephala*, tuvo un efecto positivo en la sobrevivencia.

4.2. Rendimiento de forraje de maíz.

La metodología para estimar la producción de maíz ha sido descrita en el capítulo de materiales y métodos. En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos, por cada tratamiento.

Cuadro 3. Rendimiento de forraje de maíz (*Zea maíz*) en Kg ha⁻¹.

Tratamiento	t/ha	
Tratamiento 1	2,315.68	d
Tratamiento 2	3,358.99	a
Tratamiento 3	3,357.51	b
Tratamiento 4	2,371.83	d
Tratamiento 5	2,015.69	e
Tratamiento 6	1,564.97	f
Tratamiento 7	1,560.53	f
Tratamiento 8	1,627.03	f
Tratamiento 9	2,696.94	c
Tratamiento 10 MAIZ	1,242.81	g

Letras diferentes indican diferencia significativas ($p \leq 0.05\%$)

Se observa que la producción de forraje de maíz fue potenciado por la siembra de árboles de *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* dado todos los tratamientos tuvieron un mayor rendimiento de forraje ($P \leq 0.05$) con relación al testigo donde no se tenían árboles sembrados. Ruiz *et al.* (2006) reporta que el mejor momento para obtener la mayor producción de granos y forrajes se alcanzo al intercalar maíz a los 15 días después de la germinación de *Leucaena leucocephala*.

Los tratamientos con mayores densidades sembradas de arboles tienen valores altos y bajos de producción de forraje de maíz y viceversa; por lo que no pudo establecerse una relación directamente proporcional con la densidad de plantas. Iraola *et al.*, (2012) concluye que el maíz en una siembra simultanea de *Leucaena leucocephala* y *Brachiaria hibrido* cv mulato favorece el establecimiento y no afecta la gramínea.

En general, la producción de forraje de maíz siguió el mismo comportamiento que la producción de grano. La planta desarrollo follaje, pero esto no tuvo efectos en la producción de grano. Esto es similar a lo reportado por Cabrales *et al.*, (2007) quienes reportan proporción de hoja del 40.40% al 44.87% y de tallo del 32.33% al 35.47% en maíces para uso forrajero.

4.3. Rendimiento de forraje de *Guazuma ulmifolia*

El rendimiento de forraje de *Guazuma ulmifolia* se puede observar en el siguiente cuadro, donde se muestran los resultados obtenidos por cada tratamiento.

Cuadro 4. Rendimiento de forraje de *Guazuma ulmifolia* en t ha⁻¹.

Tratamiento	t/ha
Tratamiento 1	0.168 ^b
Tratamiento 2	0.098 ^c
Tratamiento 3	0.100 ^c
Tratamiento 4	0.840 ^a
Tratamiento 5	0.051 ^c
Tratamiento 6	0.018 ^d
Tratamiento 7	0.127 ^b
Tratamiento 8	0.079 ^c
Tratamiento 9	0.126 ^b

Letras diferentes indican diferencia significativas ($p \leq 0.05\%$)

En este aspecto los tratamientos 1, 4 y 7 se establecieron con una separación de 0.20 m, entre planta y planta, los tratamientos 2, 5 y 8 dicho espaciamiento fue de 0.40 m y los tratamientos 3, 6 y 9 la distancia fue 0.80 m. Los tres primeros produjeron más forraje que los tratamientos 2, 3, 5, 6, 8 y 9.

Las plantas establecidas a mayor densidad, soportaron la competencia desarrollaron buena cantidad de follaje como se observa en el cuadro, incluso impidieron el desarrollo del pasto. Esto es semejante a lo reportado por Petit *et al.*, (2010) quienes reportan después de siete años de corte y acarreo de forraje el pasto desapareció.

El efecto del clima sobre las plantas impidió el desarrollo vegetativo, así como la agresividad del pasto. A pesar de que estas plantas están adaptadas para desarrollarse con poca luz, Montero *et al.*, (2011) sugieren que se haga un deshierbe con machete y azadón alrededor de cada planta para mantenerlos visibles y libre de competencia.

La *Guazuma ulmifolia* soporta las condiciones ambientales, su desventaja es su lento desarrollo. La aportación de forraje es importante pero es la menor aportación de forraje de todos los componentes del experimento. Petit *et al.*, (2010) reportó una producción de 2.28 t ha⁻¹año⁻¹ sembrada como monocultivo y el uso de riego en épocas secas para mantener la producción de forraje, pero este es inferior significativamente a la cantidad de forraje producido en época de lluvias.

4.4. Rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala*.

En el siguiente cuadro se observan los resultados, por cada tratamiento.

Cuadro 5. Rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala* t ha⁻¹..

Tratamiento	t/ha
Tratamiento 1	0.647 c
Tratamiento 2	0.776 c
Tratamiento 3	0.422 d
Tratamiento 4	0.290 e
Tratamiento 5	0.593 c
Tratamiento 6	0.569 c
Tratamiento 7	0.722 c
Tratamiento 8	1.204 a
Tratamiento 9	1.062 b

Letras diferentes indican diferencia significativas ($p \leq 0.05\%$)

Leucaena leucocephala es la planta que mejor se adaptó a las condiciones ambientales de escasa precipitación, limitantes de pH, de texturas pesadas y competencia con el pasto nativo. Las plantas alcanzaron una altura superior al pasto, su crecimiento fue más rápido, renovando follaje, aportando al suelo todo el material vegetativo maduro, aun en temporadas de secas no dejó de crecer y aportar residuos vegetales. Esto es similar a los datos reportados por García *et al.*, (1997) donde compara el rendimiento de materia seca aplicando riego y comparándolo con las condiciones naturales sin riego.

Entre las densidades establecidas los tratamientos 8 y 9, produjeron mayor cantidad de forraje, entendiendo que en estas condiciones específicas, permitieron mayor desarrollo vegetativo y mayor producción de forraje; en comparación a los tratamientos 2, 7, 1, 5, 6, 3, y 4, donde la competencia entre plantas provocó una disminución en la producción de forraje. Esto es similar a lo reportado por Anguiano *et al.*, (2012) con densidades de 40, 60 y 80 mil plantas/ha conforme la planta creció disminuyó la densidad, producto de la competencia entre plantas.

4.5. Rendimiento de pasto.

El pasto jaragua *Hyparrhenia rufa*, es un pasto adaptado a las condiciones ambientales de la región, es de los pocos pastos que desarrolla en estos ambientes.

Los resultados se muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 6. Rendimiento de forraje de pasto nativo *Hyparrhenia rufa* (Kg ha⁻¹).

Tratamiento	t/ha	
Tratamiento 1	4,640.00	d
Tratamiento 2	10,653.33	a
Tratamiento 3	7,466.67	b
Tratamiento 4	4,453.33	d
Tratamiento 5	6,706.67	c
Tratamiento 6	6,746.67	c
Tratamiento 7	3,573.33	e
Tratamiento 8	3,346.67	e
Tratamiento 9	3,386.67	e
Tratamiento 10 pasto	2,600.00	f
Letras diferentes indican diferencia significativas ($p \leq 0.05\%$)		

En la producción de forraje se observa que los tratamientos 2, 3, 6, 5, 1, 4, 7, 9 y 8; incrementaron su rendimiento de forraje en comparación al tratamiento 11.

Dentro de los tratamientos con el sistema agrosilvopastoril, en los que se estableció la mayor cantidad de la especie *Leucaena leucocephala* produjeron mayor cantidad de forraje. Esto se atribuye a que esta especie aportó mayor cantidad de material vegetativo al suelo, también la humedad del suelo fue mejor aprovechada por que los rayos del sol no incidían directamente en el suelo. Permitiendo el mejor desarrollo del pasto. Serrano *et al.*, (2014) concluye que los niveles de escasa y baja cobertura arbórea ejercen un efecto positivo sobre disponibilidad de biomasa comestible. Este efecto podría atribuirse a lo que ocurrió en el experimento.

También es conocido que *Leucaena leucocephala* y otras leguminosas tienen una relación simbiótica con las bacterias fijadoras de nitrógeno, el cual es el nutriente principal para el desarrollo del pasto. Un estudio sobre biofertilizantes concluye que además de aportar nutrimentos esenciales a los forrajes, contribuyen a mantener el equilibrio biológico al no producir afectaciones al suelo y al ambiente en general (Hernández *et al.*, 1994).

4.6. Rendimiento total de forraje

En el cuadro se muestran los rendimientos de biomasa entre el sistema silvopastoril y el manejo tradicional de pasto jaragua *Hyparrhenia rufa*, y el cultivo tradicional de maíz en la región de estudio.

Cuadro 7. Rendimiento total de forraje del sistema agrosilvopastoril.

Tratamiento	Producción de forraje (t/ha)				
	Pasto	Maíz	Guazuma	Leucaena	Total
Tratamiento 1	4.64	2.32	0.17	0.65	7.77
Tratamiento 2	10.65	3.36	0.10	0.78	14.89
Tratamiento 3	7.47	3.36	0.10	0.42	11.35
Tratamiento 4	4.45	2.37	0.84	0.29	7.95
Tratamiento 5	6.71	2.02	0.05	0.59	9.37
Tratamiento 6	6.75	1.56	0.02	0.57	8.90
Tratamiento 7	3.57	1.56	0.13	0.72	5.98
Tratamiento 8	3.35	1.63	0.08	1.20	6.26
Tratamiento 9	3.39	2.70	0.13	1.06	7.27
Tratamiento 11 pasto	2.60	0.00	0.00	0.00	2.60
Tratamiento 10 maíz	0.00	1.24	0.00	0.00	1.24

Donde la producción total tiene un promedio de 7.60 t de forraje ha⁻¹, Varianza 14.20, Desviación estándar 3.77 y Coeficiente de variación 49.60%

Los tratamientos 2, 3, 5, 6, 4, 1, 9, 8 y 7 que incluyen la siembra de árboles superan a los tratamientos 11 y 10; donde solo se tenía pasto o donde solo se sembró maíz. Estos datos concuerdan con lo encontrado por Giraldo *et al.*, (2008), donde los sistemas silvopastoriles superan a los sistemas con cultivo de pastos únicamente.

De todos los componentes el pasto sin duda fue determinante. Este aportó la mayor cantidad de forraje, en promedio 62.25 %. El segundo más importante fue el forraje de maíz (26.67%), después *Leucaena leucocephala* (8.84 %) y por último *Guazuma ulmifolia* (2.24%). Al ordenarlos de mayor a menor los tratamientos donde se estableció la mayor densidad de *Leucaena leucocephala*., fueron los dominantes. Con excepción del tratamiento 1 que se ubicó en la sexta posición.

Es de entenderse que los tratamientos con mayor densidad permitieron la mayor aportación de biomasa, por la muerte de los individuos y por la adición de material residual vegetal, producto de la renovación de hojas. También la fijación de nitrógeno influyó en la mayor producción de forraje. Esto concuerda con lo reportado por Cárdenas *et al.*, (2008) al comparar la descomposición de la hojarasca entre un pastizal de *Panicum maximum* cv Likoni y un sistema silvopastoril *Panicum maximum* con *Leucaena leucocephala* cv cuningham. El pastizal acumuló 2.66 t de forraje ha⁻¹año⁻¹, mientras el sistema silvopastoril 12.49 t de forraje ha⁻¹año⁻¹ donde *Leucaena leucocephala* cv cuningham aportó el 75.6% de la hojarasca total.

También se observa que donde hay mayor producción de biomasa por *Leucaena leucocephala*, disminuye la producción de pasto. Esto se explica en que al tener mayor follaje *Leucaena leucocephala* en un estrato superior, el efecto de la sombra, produce menor cantidad de forraje por este último. Este comportamiento es similar al reportado por Bacab *et al.*, (2012) quienes encontraron que la altura de poda a 40 cm de *Leucaena leucocephala*, produjo mayor forraje, pero disminuyó la producción de forraje del pasto *Panicum maximum*.

La aportación de *Guazuma ulmifolia* fue escasa, y no aportó gran cantidad de forraje. Esto se debe al escaso crecimiento que la especie observó, tanto en altura, como en la producción de follaje. Estos datos son congruentes con lo reportado por Petit *et al.*, 2010 que reporta que asociación *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* tienen aportaciones menores de forraje, que cuando estas especies se plantan en monocultivo. Esto es contrario a lo reportado por Cassanova *et al.*, (2010) cuando reporta que la *Guazuma ulmifolia* almacenó una mayor cantidad de carbono en la biomasa aérea, mientras que el monocultivo de

Leucaena leucocephala lo hizo en la biomasa radical. La asociación de ambas tuvo una acumulación ligeramente menor en el mismo estudio.

El tratamiento con menor producción de forraje fue el de la labranza con siembra de maíz. Esto no varía de los productores del área circunvecina, quienes para aprovechar la totalidad del forraje, lo trituran y embolsan, para darles de comer a los animales poco a poco.

4.7. Calidad nutritiva de los componentes del sistema agrosilvopastoril.

4.7.1 Calidad nutritiva del maíz.

A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro 8. Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra (FDN) y fibra detergente ácida (FDA) en el forraje de maíz.

	Materia Seca	Proteína Cruda	FDN	FDA
Forraje de maíz	92.98	4.73	87.85	53.85

El alto contenido de FDN lo hace un forraje de baja calidad (Yescas *et al.*, 2002)

4.7.2. Calidad nutritiva de *Leucaena leucocephala*,

A continuación se muestran los datos obtenidos, en las diferentes densidades de siembra según el tratamiento correspondiente.

Cuadro 9. Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida para el forraje de *Leucaena leucocephala*.

Tratamiento	Materia Seca	Proteína Cruda	FDN	FDA
Tratamiento1	94.90 a	21.14 c	34.25 b	24.25 b
Tratamiento 2	93.86 b	24.07 a	34.49 b	23.96 b
Tratamiento 3	93.29 b	22.83 b	31.88 c	20.49 c
Tratamiento 4	95.53 a	22.80 b	45.19 a	33.85 a
Tratamiento 5	94.75 a	23.99 a	36.40 b	26.86 b
Tratamiento 6	93.46 b	24.62 a	38.00 b	25.90 b
Tratamiento 7	93.66 b	21.87 c	32.86 c	21.99 c
Tratamiento 8	93.62 b	23.24 b	33.95 c	22.18 c
Tratamiento 9	93.58 b	25.23 a	34.65 b	22.63 c

Los datos de calidad del forraje de *Leucaena leucocephala* no presentan relación ni con la densidad inicial de plantas ni con la densidad final. El promedio de cada uno de los tratamientos fue: materia seca 94.07%, proteína cruda 23.31%, fibra detergente neutra 35.74%, fibra detergente ácida 24.68. Estos resultados son semejantes a los reportados por Solorio *et al.*, (2008) y es considerado un forraje de excelente calidad, pero los factores antinutricionales impiden su uso en la totalidad de la dieta del animal, como lo señala Padmanabha *et al.*, (2014).

4.7.3. Calidad nutritiva de *Guazuma ulmifolia*.

Se tenían diferentes densidades de plantación, y fue superada en altura por el pasto y *Leucaena leucocephala*. Este efecto de sombreo si bien no la destruyo, si limitó su crecimiento.

Los parámetros de calidad del forraje de *Guazuma ulmifolia* no pudieron relacionarse, con las densidades al inicio o al final del experimento. El promedio de cada uno de los parámetros medidos, se encontró que el contenido de materia seca 91.43%, proteína cruda 12.62%, fibra detergente neutra 39.27%, fibra detergente ácida 27.52%. Estos datos son semejantes a los reportados por Flores, *et al.*; en 1998 al realizar estas determinaciones.

Cuadro 10. Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida para el forraje de caulote *Guazuma ulmifolia*.

Tratamiento	Materia Seca	Proteína Cruda	FDN	FDA
Tratamiento1	92.19 a	11.61 b	42.95 a	32.23 a
Tratamiento 2	91.97 c	15.16 a	40.29 b	25.65 b
Tratamiento 3	91.08 c	13.01 b	37.43 c	23.73 c
Tratamiento 4	91.30 a	13.26 b	39.65 b	29.33 a
Tratamiento 5	90.79 b	9.25 c	34.84 d	26.23 b
Tratamiento 6	91.29 c	13.69 a	41.22 a	26.98 b
Tratamiento 7	91.98 c	12.44 b	37.74 c	28.14 b
Tratamiento 8	90.82 c	13.32 b	37.21 c	23.72 c
Tratamiento 9	91.47 c	11.84 b	42.09 a	31.67 a

4.7.4. Calidad nutritiva del pasto jaragua (*Hyparrhenia rufa*)

Las relaciones entre *Leucaena leucocephala* y *Hyparrhenia rufa* fue irregular, ya que en ocasiones dominaba el pasto, pero en otras la leguminosa, esto fue más

notorio cuando termino la época de lluvias, el pasto dejo de crecer y la leguminosa seguía su crecimiento.

El pasto jaragua *Hyparrhenia rufa* no pudo correlacionarse con los tratamientos con árboles de caulote *Guazuma ulmifolia* o de *Leucaena leucocephala* o ambas combinadas, puesto que tratamientos con menor o mayor densidad tienen resultados diferentes. Promediando los valores de las determinaciones en todos los tratamientos encontramos los siguientes valores. Materia seca 93.17%, proteína cruda 5.22%, fibra detergente neutra 77.38%, fibra detergente acida 57.94%. Estos datos son consistentes con los encontrados por Estrada, et al.;(2015); afirman que al tener un valor tan bajo de proteína cruda no puede mantener una actividad microbiana eficiente. Por otro lado los valores tan altos de fibra detergente neutra hacen que este forraje sea calificado como de baja calidad.

Cuadro 11. Materia seca, proteína cruda, fibra detergente neutra y fibra detergente ácida para el forraje de pasto jaragua *Hyparrhenia rufa*.

Tratamiento	Materia Seca	Proteína Cruda	FDN	FDA
Tratamiento1	94.71 a	6.49 a	72.99 d	53.14 c
Tratamiento 2	95.68 a	3.82 c	76.94 b	58.37 a
Tratamiento 3	94.44 a	4.42 c	78.15 b	57.90 b
Tratamiento 4	95.51 a	7.11 a	74.36 c	52.68 c
Tratamiento 5	91.50 b	6.10 a	77.87 b	60.84 a
Tratamiento 6	92.35 b	5.77 b	75.66 b	59.20 a
Tratamiento 7	91.40 b	5.53 b	77.00 b	59.86 a
Tratamiento 8	95.22 a	4.86 b	78.86 a	57.28 b
Tratamiento 9	91.24 b	3.76 c	80.76 a	58.82 a
Tratamiento 10 Pasto	91.22 b	5.65 b	76.87 b	56.58 b

4.8. Rendimiento de maíz

Una vez cumplido el tiempo recomendado para realizar la cosecha, se procedió a recolectar las mazorcas presentes en las parcelas experimentales.

Durante el primer ciclo, primavera verano del 2013. Los resultados encontrados por ha de maíz se pueden ver en el siguiente cuadro.

Cuadro 12. Rendimiento de grano de maíz (*Zea maíz*) en Kg/ha ciclo 2013.

Tratamiento	Producción
Tratamiento 1	544.19 d
Tratamiento 2	1,333.33 a
Tratamiento 3	520.92 e
Tratamiento 4	661.68 c
Tratamiento 5	959.82 b
Tratamiento 6	308.12 e
Tratamiento 7	322.53 e
Tratamiento 8	481.02 e
Tratamiento 9	275.98 e
Tratamiento maíz	391.24 e

Letras diferentes indican diferencia significativas ($p \leq 0.05\%$)

Este ciclo fue muy difícil para la producción de maíz, en opinión de los productores. Los registros de precipitación, muestran una ausencia de lluvias durante los primeros 60 días de establecido el cultivo. Los ingresos por la venta del maíz son inferiores a la inversión realizada en el cultivo, que resultó ser de \$8,030.00

Para el ciclo 2014, de igual manera que el año anterior se espero a que el maíz alcanzara su punto de cosecha, 120 días a partir de la siembra y se procedió a recolectar las mazorcas. Se tomo la totalidad de la planta se separó el grano de forraje. Los resultados obtenidos se presentan el siguiente cuadro, donde se muestran de la misma manera las diferencias significativas.

Cuadro 13 Rendimiento de grano de maíz (*Zea maíz*) en Kg/ha ciclo 2014.

Tratamiento	t/ha
Tratamiento 1	217.23 c
Tratamiento 2	325.11 b
Tratamiento 3	529.04 a
Tratamiento 4	456.63 a
Tratamiento 5	217.23 c
Tratamiento 6	101.97 d
Tratamiento 7	113.79 d
Tratamiento 8	109.36 d
Tratamiento 9	359.10 b
Tratamiento 10 MAIZ	206.89 c

Letras diferentes indican diferencia significativas ($p \leq 0.05\%$)

El rendimiento de maíz tuvo como limitantes la errática precipitación, de tal manera que aunque se sembró en la fecha recomendada por la SAGARPA para esa región, no se logro una producción cercana a la producción que los productores obtienen en la región.

Los rendimientos de ambos años son inferiores a los reportados por López, (2014) en un estudio para calibrar y validar el modelo EPIC⁷ en la región cercana al estudio, registro rendimientos simulados y observados desde 3.5 a 7.7 t ha⁻¹. Específicamente para Acala una simulación de 50 años de rendimiento de maíz produciría entre 2.5 y 3.0 t ha⁻¹.

El nivel de degradación del suelo es tan avanzado que no permite obtener una producción aceptable de maíz. Esto se corrobora con al análisis de suelo que muestra los contenidos de nitrógeno, fósforo y potasio. Los ingresos obtenidos por venta de maíz no recuperaron los gastos de inversión realizada en el cultivo que fueron de para este ciclo de \$6,080.00

También existen limitantes de pH elevado, provocando que algunos nutrimentos no se encuentren disponibles para la planta. Adicionalmente tenemos limitantes por suelo arcilloso. La limitante de la arcilla es que una vez saturada de agua provoca encharcamientos, pero al secarse producen agrietamientos que rompen las raíces de la planta, cuyo efecto es la disminución en la absorción de la solución del suelo donde están contenidos los nutrimentos que la planta necesita para su desarrollo.

La adición de materia orgánica por residuos de cosecha fue dos toneladas de materia seca por hectárea en el ciclo primavera verano del 2013, lo que representa una aportación mínima.

Las adiciones de materia orgánica por parte del banco de proteína no tuvieron los efectos en el rendimiento de grano.

La densidad de plantas en el cada uno de los tratamientos con árboles no tuvo los efectos esperados en el rendimiento de grano de maíz, en ambos ciclos de cultivo. Es decir, las densidades menores tienen rendimientos más altos.

4.9. Efecto de las diferentes coberturas en la erosión.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos de las medidas de erosión hídrica.

⁷ Erosion/productivity Impact Calculator

Cuadro 14. Pérdida de suelo por erosión hídrica.

Tratamiento	Pérdida de suelo (Kg ha ⁻¹)	
Tratamiento 1	1,344.333	a
Tratamiento 10 Maíz	1,020.833	b
Tratamiento 11 Pasto	813.567	b

Letras diferentes indican diferencia significativas ($p \leq 0.05\%$)

En cuanto a este aspecto se encontró que el tratamiento 1 tuvo mayor pérdida de suelo, debido al acarreo por el agua. El segundo tratamiento que perdió más cantidad de suelo fue la parcela de escurrimiento en los tratamientos sembrados con maíz y por último las parcelas de escurrimiento establecidas en la pradera con pasto jaragua, correspondió la menor pérdida de suelo. Esto concuerda con lo reportado por Pérez y López (2000) que midió la erosión en terrenos cultivados con papa y pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) encontrando que la mejor cobertura fue esta última. Por otro lado Hernández y Villanueva (2001) citando a la CONAZA⁸ reportan de 10 a 50 toneladas de suelo ha⁻¹ de pérdida de suelo por erosión hídrica en zonas áridas

Esto se explica que durante el establecimiento se removió el suelo y se trazaron surcos en contrasentido de la pendiente. Durante la primera temporada de lluvias, estos surcos se atenuaron, quedando el suelo de un solo nivel. Sobre esos surcos ya abatidos se monto la parcela de escurrimiento. Al respecto Senra (2009) concluye que la inclusión del árbol, como factor estratégico de manejo, es determinante en la sostenibilidad y eficiencia de los pastizales en el trópico estacional, ya que mejora la cobertura vegetal, el equilibrio de la biomasa anual, así como disminuye la evaporación, la compactación y el escurrimiento con una reducción considerable de los procesos erosivos del suelo.

En el caso de maíz, se removió la tierra y se trazaron surcos en contrasentido de la pendiente. Estos surcos provocaron que la pérdida de suelo fuera menor que en el banco de proteína, donde los surcos no opusieron resistencia al estar disminuidos.

4.10. Análisis de suelo.

El análisis de suelo se muestra en el siguiente cuadro. La muestra inicial fue tomada el 20 de mayo del 2013, y la muestra final fue tomada el 8 de noviembre del 2014.

⁸ Comisión Nacional de las Zonas Áridas

Cuadro 15. Análisis de suelo, inicial y al final en las diferentes áreas de manejo.

Característica	Muestreo Inicial	Muestreo final		
		Silvopastoril	Pradera Natural	Cultivo Maíz
Nitrógeno (%)	0.121	0.128	0.153	0.194
Fosforo (mg kg ⁻¹)	4.820	3.450	4.970	3.610
Potasio (Cmol kg ⁻¹)	0.110	0.100	0.100	0.080
Materia Orgánica (%)	2.480	2.540	3.080	3.950
pH (H ₂ O)	8.300	8.050	8.320	8.330
CE ⁹ (dS m ⁻¹)	0.110	0.088	0.094	0.084
CIC ¹⁰ (Cmol kg ⁻¹)	28.840	28.840	32.510	31.770
Arcilla (%)	37.300	37.300	41.300	37.300
Arena (%)	8.700	4.700	0.700	8.700
Limo (%)	54.000	58.000	58.000	54.000
Nombre Textural	Franco	Franco		Franco
	Arcillo	Arcillo	Arcillo	Arcillo
	Limoso	Limoso	Limoso	Limoso
Densidad aparente (gr mL ⁻¹)	0.840	0.870	0.930	0.970

Considerando la NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis; (SEMARNAT¹¹, 2002). Se puede afirmar que los suelos al inicio del experimento poseía contenidos medios de nitrógeno, bajos contenidos de fosforo, muy bajos contenidos de potasio, contenidos medios de materia orgánica, valores de pH medianamente alcalinos, efectos despreciables de salinidad, y textura franco arcillo limoso.

Considerando la mencionada norma, en el sistema silvopastoril no presentó cambios, no así en el cultivo de maíz donde el N paso de un nivel medio a un nivel de alto. Esto se entiende por las aplicaciones de fertilizante al cultivo de maíz que provocó se incrementara el contenido de dicho nutrimento. Con relación al contenido de fosforo disponible en el estado inicial se tenían bajo nivel (menor de 5.5 mg Kg⁻¹). Esta condición se conservó en todas las intervenciones, pero fue aun más severa en la siembra de maíz y en el banco de proteínas, lo que se explica

⁹ Conductividad eléctrica.

¹⁰ Capacidad de Intercambio Catiónico.

¹¹ Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales

en una mayor extracción de este elemento por el maíz y las plantas sembradas, también por la solubilidad del potasio que es lixiviada rápidamente.

Esto es contrario a lo que señala Alonso (2007) quien al estudiar el comportamiento de la composición química del suelo en sistemas silvopastoriles de *Leucaena leucocephala* y *Panicum máximum* concluye que los cambios que ocurren en los componentes químicos del suelo, no deterioran su fertilidad, sino que la mejoran.

Para el caso del potasio la condición inicial se denomina contenidos muy bajos (menor de 0.2 Cmol Kg^{-1}) esto se conservó aun con las adiciones de este nutrimento al maíz. La materia orgánica al inicio del experimento se ubico en un nivel de contenido medio (1.5 a 3.5 %) en todas las intervenciones se incremento, pero únicamente en el caso del área sembrada con maíz, fue la que el contenido de materia orgánica se ubicó en alto (3.6 – 6.0%) al finalizar el experimento. Esto se entiende por la incorporación mediante laboreo del suelo de todos los materiales orgánicos presentes en la superficie y la mineralización de los residuos bajo la superficie de las raíces del maíz. La condición de pH y de Conductividad Eléctrica no sufrió ninguna modificación con relación al momento inicial y permanecieron en la misma categoría.

Estos datos son concordantes con los presentados por Hernández *et al.* (2008) al analizar la fertilidad edáfica de suelos con sistemas silvopastoriles y monocultivo con diez años de uso ininterrumpido, concluyendo que el sistema silvopastoril contribuyó al mejoramiento de la fertilidad del suelo, a través del incremento de la MO^{12} y otros indicadores químicos, debido a que independientemente del tipo de suelo, estos valores fueron inferiores en el monocultivo

4.11. Seguimiento a la fenología de las especies establecidas

4.11.1 Altura total desde la base

En el caso de moringa mostro un crecimiento muy rápido al iniciar el experimento, después el crecimiento se detuvo, las hojas se cayeron y finalmente al avanzar los meses de estiaje se seco el tallo. Al arrancarla planta se observó que las raíces estas estaban vivas, al llegar la temporada de lluvias solo emergieron algunas plantas, para luego repetirse el fenómeno antes descrito y definitivamente la planta pereció.

El comportamiento de la especie *Guazuma ulmifolia* fue distinto. Se trasplantaron las plantas crecidas en vivero por mes y medio, conforme a las distancias para lograra las densidades previamente proyectadas. Se observó en las plantas un

¹² Materia Orgánica.

crecimiento muy lento, que al llegar la seca, se detuvo. Esto fue durante los meses de diciembre del 2013 a mayo del 2014.

Durante este periodo además del escaso crecimiento, algunas hojas cayeron, las que brotaron disminuyeron su tamaño, cuando recibieron la lluvia, continuo creciendo pero no fue tan rápido. Se pudo observar una emergencia de ramas laterales, más que crecer en altura.

Leucaena leucocephala tuvo un comportamiento diferente. Inicio con un crecimiento muy lento, pero no detuvo su crecimiento durante la temporada seca. Este crecimiento era modesto, y el recambio de hojas era tal que una vez que brotaba una hoja otra se desprendía del tallo, de tal manera que se conservaba el mismo número de hojas. Cuando vinieron las lluvias tuvo crecimiento vigoroso, se pudo observar mayor número de hojas en la parte más alta de las plantas, los tallos ganaron mayor diámetro, entre otras características. Esto difiere con lo reportado por Pérez *et. al.*, (2008) quien reporta crecimientos de 0.35 a 0.97 m después de 110 días de desarrollo para diferentes cultivares de *Leucaena leucocephala*. Para un cultivar promisorio para suelos ácidos reporta alturas de 1.5 m a los 90 días de establecido el cultivo.

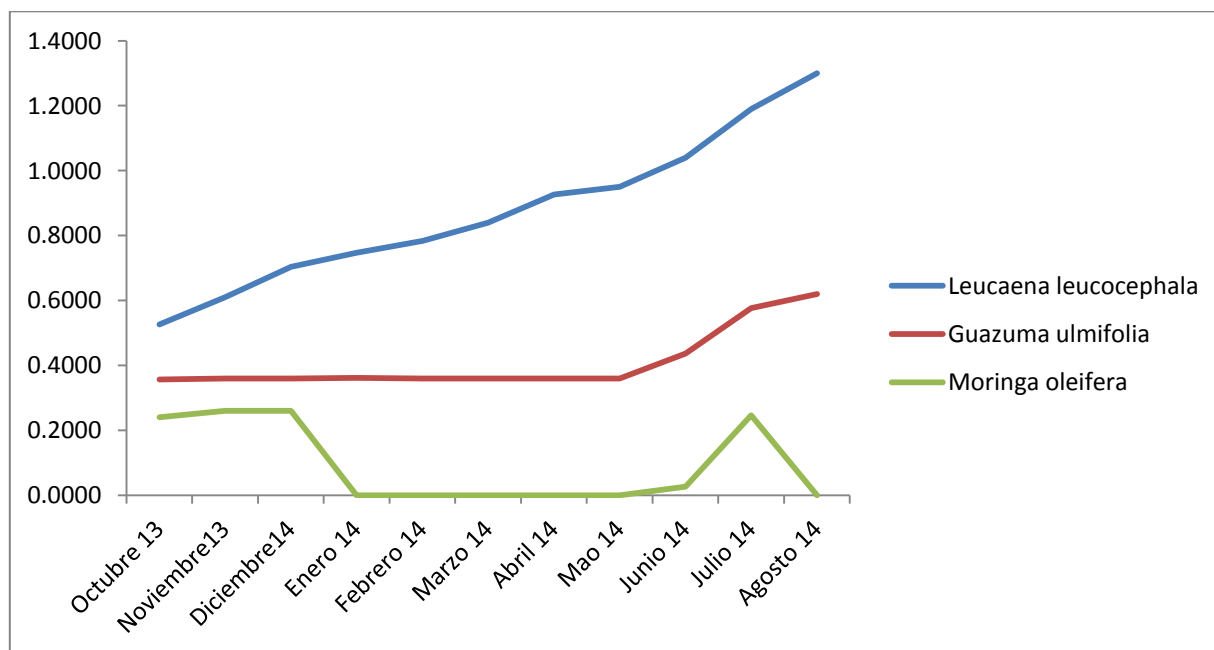


Figura 8. Comportamiento de la altura promedio por especie de la muestra seleccionada.

De todos los parámetros revisados la altura de la planta es la característica que mejor mostro una diferencia entre las especies probadas. Sobresaliendo en este parámetro *Leucaena leucocephala* que también tuvo mayor rendimiento de forraje.

La altura total de la planta tiene una relación proporcional al diámetro del tallo, al número de hojas, al largo y ancho de las hojas. Los valores de estos parámetros dejaron de incrementar al terminar la temporada de lluvias. Al iniciar el temporal nuevamente iniciaron los incrementos de manera clara.

4.11.2. Diámetro de tallo a la altura de 0.05 m.

Las medidas tomadas en este parámetro no difieren mucho de un mes a otro, entre especies ni entre plantas de la misma especie.

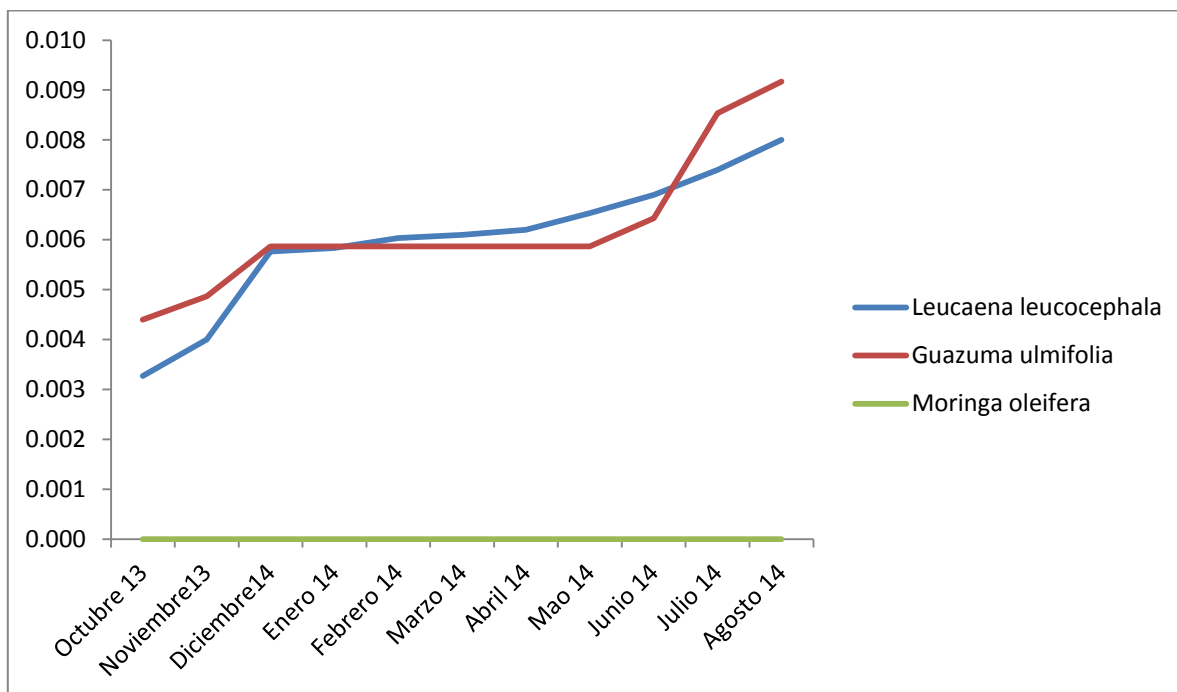


Figura 9. Comportamiento de la diámetro a la primera rama (promedio por especie) de las muestra seleccionada.

Diámetro de tallo a altura de la primera rama es una característica que presento poca variación, esto se debe a que los incrementos en el diámetro son pequeños y se tiene que usar instrumentos de precisión para poder medirlos. Es un parámetro que está relacionado directamente proporcional a la altura de la planta, al número de hojas, al largo y ancho de hojas, al número de ramas, ancho y largo de ramas.

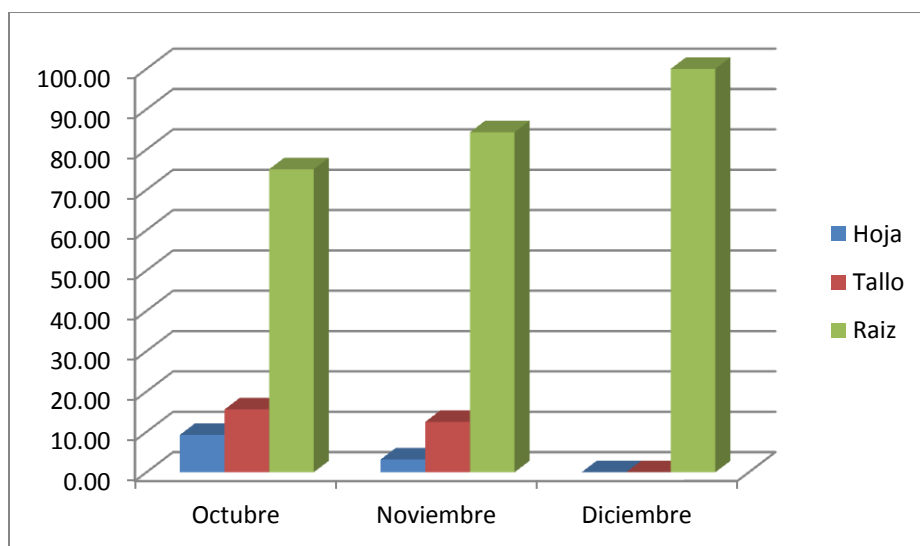
4.11.3. Días a la primera floración.

La especie que llego a la floración fue *Leucaena leucocephala*, e inicio su ensayo al final del periodo de secas. Posteriormente al mes de agosto la emisión de flores fue general en todas las plantas de esta especie, fenómeno que al momento de redactar estos resultados seguían brotando flores. Las otras dos especies durante el periodo que duro el experimento, no emitieron flores.

4.11.4 Muestreos totales

Durante los meses de octubre a diciembre del 2013. Se colectaron la totalidad de las plantas, obteniéndose pesos constantes de tres secciones de ella, raíz, hoja y tallo.

Moringa oleífera desarrolló muy rápido, mientras se tuvo humedad la raíz creció, de tal manera que en peso constante promedio, fue tres veces mayor que el tallo y ocho veces más que las hojas. Se pudo observar una raíz típica, tuberosa, con escasos pelos absorbentes y coloración blanca lechosa. Cuando el período de sequía iniciaba, las raíces conservaban sus dimensiones. Conforme paso el tiempo fueron disminuyendo en tamaño. Al retornar la época de lluvias algunas plantas emergieron, observándose que de la raíz, brotaba un punto de crecimiento. En otras plantas la raíz se pudrió. Finalmente la plantas que brotaron volvieron a perder la parte aérea y lo último en desaparecer de esta especie fue precisamente la raíz, cuando la presión de la sequía se incrementó. Esto puede observarse en la grafica.

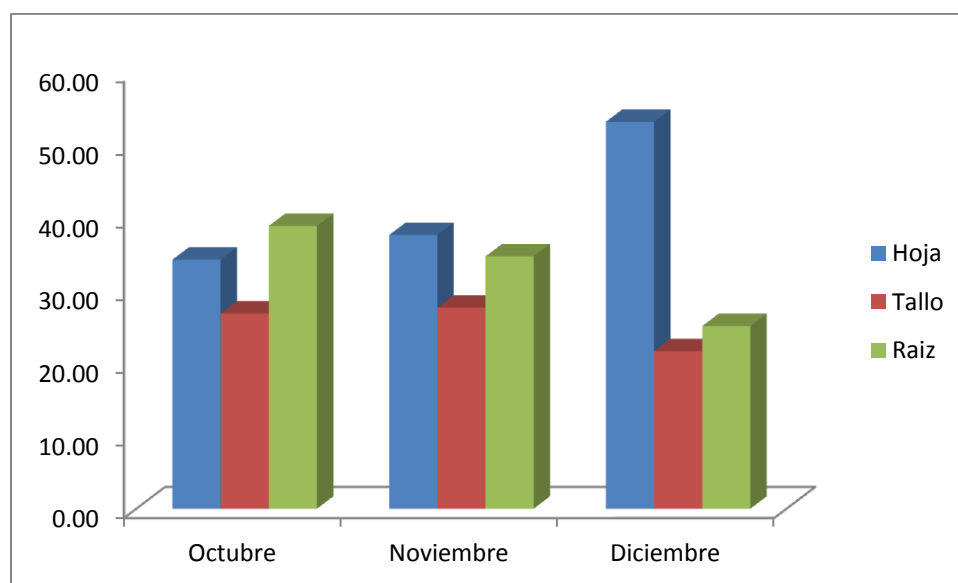


Grafica 10. Peso seco de hoja raíz y tallo de *Moringa oleífera*.

Los muestreos totales, muestran la forma específica como se desarrolla cada especie. Así, *Moringa oleífera* desarrolló de manera preponderante la raíz antes que el tallo y las hojas. Pero al disminuir la disponibilidad de agua, la planta perdió las hojas posteriormente la parte aérea. Esto concuerda con Olson (2002), quién señala que la planta puede perder las hojas ante la presencia de un estrés hídrico y que esta no tolera los suelos arcillosos con encharcamientos, lo cual concuerda con lo encontrado en el experimento.

Como puede observarse en la gráfica *Guazuma ulmifolia*, mantuvo un desarrollo más equilibrado entre sus partes. Todas las partes de la planta se mantuvieron

durante la sequia, maduraban hojas pero brotaban otras que permitían que la planta sobreviviera.

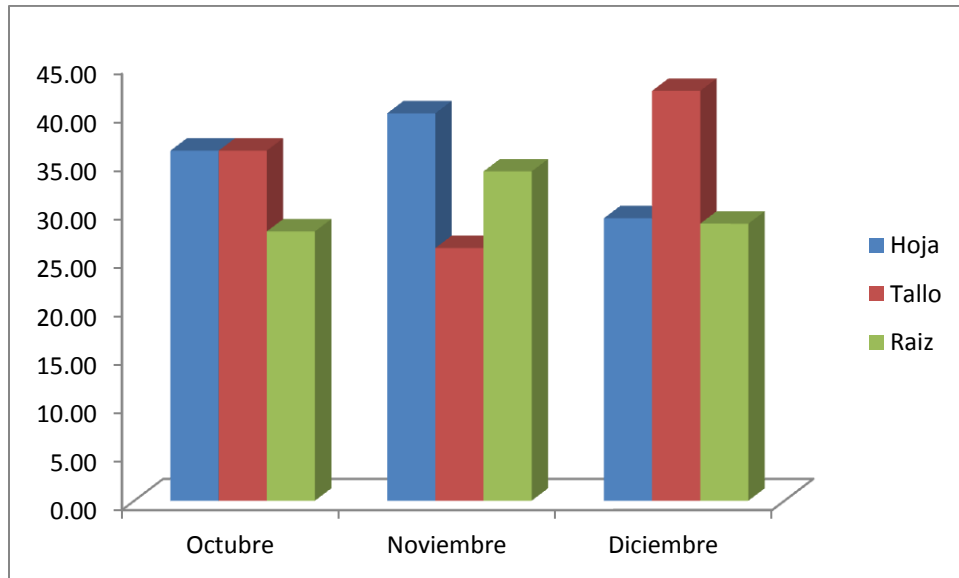


Grafica 11. Peso seco de hoja, raíz y tallo de *Guazuma ulmifolia*.

Guazuma ulmifolia, tuvo un desarrollo más equilibrado entre las hojas, la raíz y el tallo. Como especie local se conocía su rusticidad para soportar este ambiente, como también se reporta su crecimiento más vigoroso en condiciones de altas precipitaciones (CONABIO, 2014).

En el caso de la especie *Leucaena leucocephala* el peso seco de sus partes aérea y radical fueron similares. Al inicio de la sequia disminuyeron las hojas y las raíces, pero no dejó de crecer. El tallo y las raíces funcionaron para almacenar las reservas. Las hojas disminuyeron en número, en comparación con la época de lluvias, la planta mantuvo sus hojas, las que maduraban eran sustituidas por otras que brotaban.

La planta no tolera las condiciones edáficas, y de precipitación, es decir, las escasas lluvias en número, pero torrenciales, con una gran cantidad de agua acumulada en un período corto de tiempo, posteriormente espacios se os muy largos. Esta oscilación amplia en contenidos de humedad del suelo, amplia oscilación térmica, combinado con texturas pesadas (arcillosas), estresaron la planta al extremo, pereciendo la especie vegetal.



Grafica 12. Peso seco de hoja raíz y tallo de *Leucaena leucocephala*.

Leucaena leucocephala presentó un crecimiento relativamente equilibrado entre el tallo la raíz las hojas los pesos constantes después del deshidratado de estas partes de la planta no presentan gran diferencia. Pudo observarse el crecimiento radicular extendido y profundo, pero no grueso como *moringa oleifera* o *Guazuma ulmifolia*. Esta característica concuerda por lo reportado por Zárate, (1994) quién menciona que la raíz de esta especie es típica profunda y extendida; capaz de penetrar las capas profundas del suelo. Llegó un momento en que no fue posible extraer la raíz de esta planta en su totalidad; pues implicaba romper parte del horizonte c muy duro compuesto de rocas.

V. CONCLUSIONES

Todos los tratamientos donde se establecieron árboles, el pasto *Hyparrhenia rufa* produjo mayor cantidad de forraje que el testigo sin árboles. Esto corrobora la relación benéfica existente entre ambas especies, en el aprovechamiento de los recursos agua y suelo. Aunque la literatura es abundante, debería estudiarse las condiciones específicas en esta región, para emitir opiniones de como maximizar las bondades que tiene la complementariedad de estas especies.

No se encontró una relación de la densidad de árboles por ha con los tratamiento que produjeron mayor cantidad de forraje, pudo observarse que los tratamientos con mayor producción materia seca de *Leucaena leucocephala* tienen menor aportación de materia seca adicionada por el pasto. Deben estudiarse los factores que están determinando este comportamiento, como puede ser el efecto del sombreo, la mayor absorción de agua por la arbórea u otro, que esta influenciando este resultado.

Los sistemas agrosilvopastoriles incrementan la producción de forraje, en comparación a la producción de forraje en la pradera con manejo tradicional, por lo que este tipo de método para producir forraje representa una alternativa para lograr obtener una mayor capacidad de carga animal, en las condiciones del ejido Acala, municipio del mismo nombre.

Este sistema supera la producción de forraje de los residuos de cosecha de maíz, que resulto ser el método que produce la menor cantidad de forraje, comparado con la producción de pasto solo y el sistema de silvopastoreo.

El efecto de la cobertura arbórea no fue en la aportación de forraje, que únicamente participo con un 11.08%, sumando las aportaciones de ambas especies de árboles. Las complementariedades que se crean en estos ambientes son las que deben estudiarse para encontrar los factores que actúan en el mejor desempeño del pasto. En la pradera donde solo se tuvo pasto, solo aportó el 43.84% del promedio de aportaciones de todos los tratamientos cuando se sembró con leguminosas.

El arreglo espacial para obtener una mayor producción de forraje dio resultados diferentes a los esperados. Las condiciones medio ambientales impidieron el desarrollo de las plantas para formar los estratos arbóreos. Por otro lado la fenología de cada planta no permite que los tiempos de aprovechamiento de una especie y otra coincidan. Esta ausencia de sincronía no permite obtener los mayores beneficios para el aprovechamiento del forraje. Es decir mientras que *Leucaena leucocephala* estaba lista para aprovecharse, *Guazuma ulmifolia* no, y espera el tiempo óptimo para esta última, se pierde tiempo y el material forrajero de la primera se lignifica, y disminuye su calidad.

En consecuencia, se sugiere establecer plantaciones coetáneas, con una sola especie, o especies que tenga un desarrollo vegetativo similar, con el objetivo de aprovechar el forraje al mismo tiempo, adaptadas a las condiciones medioambientales del área donde se llevo a cabo el experimento. Es necesario realizar otras pruebas que permitan usar este diseño con diferente manejo como corte y acarreo u otro

La especie que mejor se adopto a las condiciones edafoclimáticas fue la *Leucaena leucocephala*, y tuvo un mejor crecimiento que las otras dos especies probadas. Las semillas presentaron diferentes tiempos de germinación, es decir mientras unas germinaron inmediatamente, otras lo hicieron posteriormente, ocasionando que la densidad no fuera la planeada.

Se concluye que existen sinergias entre la producción de forraje de maíz y el establecimiento del sistema silvopastoril, en razón de que todos los tratamientos donde se tenía maíz sembrado junto a arboles del sistema silvopastoril propuesto, la producción de forraje de maíz supero significativamente ($P < 0.05$) al testigo donde no se sembraron arboles.

El rendimiento de forraje de *Guazuma ulmifolia* se correlaciono positivamente con la densidad de siembra. A mayor cantidad de plantas por superficie mayor producción de forraje.

Las plantas de *Guazuma ulmifolia* sembradas a distancia de 0.20 m y no se provocan efectos que impidan la producción de forraje, cabe señalar que deben proseguirse con etapas más avanzadas, con mayores tiempos de observación que permitan conocer el comportamiento del árbol en su parte aérea y su parte radical, correlacionadas a la producción de forraje.

La producción de forraje por *Leucaena leucocephala* no tuvo una relación clara con la densidad de plantas, el tratamiento 4 con 23.7 mil plantas ha^{-1} fue el que aportó menor cantidad de forraje, que todos los tratamientos. Por otro lado el tratamiento 3 con menor cantidad final de planta por ha^{-1} con 16.6 mil fue el penúltimo en aportación de forraje. En el mismo sentido, el tratamiento con 22.5 mil plantas ha^{-1} fue el tratamiento que produjo mayor cantidad de forraje.

Esta especie de árbol si tuvo efectos de competencia, las distancias tan cercanas provocaron entre ellas se seleccionara las mejores para sobrevivir en ese ambiente. La densidad de plantas por ha al final del experimento fue muy homogénea, mostrando que las condiciones medio ambientales son las que determinaron la cantidad de plantas que podían desarrollarse exitosamente.

Los volúmenes de forraje de excelente calidad aportados por los árboles representan el 11.08 % del volumen total de forraje, en el momento de finalizar el experimento. Deberá seguirse investigando en etapas más avanzadas del sistema

silvopastoril, si esta participación se incrementa, considerando que los árboles no han llegado a su estado de desarrollo deseable.

Con relación a la erosión se encontró que el mejor tratamiento es el 11 que pierde menor cantidad de kilos de suelo ha^{-1} en comparación al tratamiento 1, que es un sistema silvopastoril.

Los sistemas silvopastoriles conservan el suelo, pero son necesarias otras prácticas para evitar la erosión del suelo, como son los surcos en contorno y zanjias de sedimentación que funcionen como trampas para retener el suelo.

La combinación de *Leucaena leucocephala* y pasto jaragua *Hyparrhenia rufa* es la mejor opción para la producción de forrajes, el alto contenido de proteína y bajos valores de fibra detergente neutra del primer género y este se complementa con el segundo por la alta aportación en cantidad. Ambos géneros mostraron su resistencia a condiciones ambientales, principalmente a la escasez de agua, altas temperaturas.

El sistema silvopastoril no mejoro substancialmente las propiedades químicas ni físicas, será necesario realizar observaciones en un espacio de tiempo más prolongado para corroborar lo encontrado en otros trabajos. Las plantas crecerán e ira haciendo aportaciones regulares de material vegetal, que poco a poco mejoraran el contenido de materia orgánica.

En el parámetro de altura de la planta la especie que mejor se desempeño fue *Leucaena leucocephala* adaptándose a las condiciones del medio, y presentando las mayores tallas en comparación a las otras especies.

VI. LITERATURA CITADA

1. Advisory Committee on Technology Innovation (ACTI). (1984). *Leucaena*: promising forage and tree crop for the tropics. National Academy Press. Washington, D.C. USA.
2. Allison, M. J., Mayberry, W. R., McSweeney, C. S., y Stahl, D.A. (1992). *Sinergystes jonnesii*, gen. nov., sp. Nov.; A rumen bacterium that degrades toxic piridinediols. System. Appl. Microbiol. 15:522-529.
3. Alonso, J.; Sampaio R.A.; Febles, G. y Achang, G. (2007). Comportamiento de la composición química del suelo en un sistema silvopastoril *Leucaena* guinea. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 41(2):189-192.
4. Amaglo, N. K.; Timpo, G.M.; Ellis, W. O. y Bennett R.N. (2006) Effect of spacing and harvest frequency on the growth and leaf yield of moringa (*Moringa oleífera* Lam), a leafy vegetable crop. Kwame Nkrumah University of Science and Technology. Kumasi, Ghana.
5. Anguiano, J. M.; Aguirre, J. y Palma, J. M. (2012). Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de siembra bajo cocotero (*Cocos nucifera*). Revista Cubana de Ciencia Agrícola 46(1):103-107.
6. Arias, S. C. (2014) Estudio de las posibles zonas de introducción de la *Moringa oleífera* Lam en la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, España.
7. Avendaño R., S. y Acosta, I. (2000). Plantas utilizadas como cercas vivas en el estado de Veracruz. Madera y Bosques 6(1): 55 - 71
8. Aye, P.A. and Adegum, M.K. (2013). Chemical composition and some functional properties of Moringa, Leucaena and Gliricidia leaf meals. Agriculture and Biology Journal of North America, 2013, 4 (1):71-77
9. Bacab, H. M.; Solorio, F. J. y Solorio, S. B. (2012) Efecto de la altura de poda de *Leucaena leucocephala* y su influencia en el rebrote y rendimiento de *Panicum máximum*. Avances en Investigación Agropecuaria. 16 (1):65-67.
10. Beauchemin, K.A., McGinn, S.M., Martinez, T.F. and Mcallister T.A. (2007) Use of condensed tannin extract from quebracho trees to reduce methane emissions from cattle. Journal of Animal Science 85:1990-1996.
11. Benítez, B. Y. y Bernal H. A. (2009) Producción de forraje de guaje (*Leucaena spp.*) asociado con zacate *Brachiaria brizantha* var. Libertad para ovejas en

pastoreo. Tesis Ingeniero Forestal. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Texcoco, Estado de México. México.

12. Botero, R. J. y Murillo, O. A. (2008). Influencia de la frecuencia de corte sobre la composición fisicoquímica y el rendimiento del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*), cultivado en la granja experimental Bengala del municipio de Filandia, Quindío (Colombia). Trabajo de investigación Facultad de Ciencias Agroindustriales. Universidad del Quindío. Colombia.

13. Bover, K.; Álvarez, D.; Lamela, L. y García, M. (2013). Evaluación del establecimiento de *Leucaena leucocephala* cv Cunningham en una finca ganadera del municipio de Perico, Matanzas, Cuba. Pastos y Forrajes 30(4): 445-452.

14. Cassanova, L. F.; Caamal, M. J.; Petit, A. J.; Solorio, S. F. y Castillo, C. J. (2010) Acumulación de carbono en la biomasa de *Leucaena leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* asociadas y en monocultivo. Revista Forestal Venezolana 15:54(1): 45-50.

15. Cárdenas, S. S.; Crespo L. G.; Hernández C. M. y García (2008) Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximun* y en un sistema silvopastoril asociado con *Leucaena leucocephala*. Zootecnia Tropical, 26(3): 269-273

16. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (1991). *Leucaena*. *Leucaena leucocephala* (Lam de Wit.) especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica. Pag 23.

17. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) (1991B). *Guácimo Guazuma ulmifolia* Lam., especie de árbol de uso múltiple América Central. Turrialba, Costa Rica. Pag 569-572.

18. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2007). Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. Zapopan, Jalisco, México.

19. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) (2014) *Guazuma ulmifolia*. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66-sterc1m.pdf. Consultado electrónicamente el 24/07/2014, a las 10:28 PM

20. Crespo, G. (2008). Importancia de los sistemas silvopastoriles para mantener y restaurar la fertilidad del suelo en las regiones tropicales. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, vol. 42, núm. 4, pp. 329-335. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba

21. Crespo, R. J.; Castaño, J. A. y Capurro, J.A. (2007) Secado de forrajes con el horno de microondas. Efecto sobre el análisis de calidad. Agricultura Técnica (Chile) 67 (2):210-218 (abril-junio)
22. Dalzell, S.A.; Burnett, D.J.; Dowsett, J.E.; Forbes V.E. and Shelton, H.M. (2012) Prevalence of mimosine and DHP toxicity in cattle grazing *Leucaena leucocephala* pastures in Queensland, Australia. Animal Production Science 52(5)365-372. <http://www.publish.csiro.au/paper/AN11236.htm>
23. Daza, O. P.C. (2010). Aislamiento de microorganismos de la rizosfera de *Leucaena leucocephala* y evaluación de su potencial en la rehabilitación de suelos degradados. Tesis de grado. Magister en Biotecnología. Universidad Nacional de Colombia. Medellín, Colombia.
24. Dela Roza, D. B.; Martínez, F. A. y Argamentería G. A. (2002). Determinación de materia seca en pastos y forrajes a partir de la temperatura de secado para análisis. Pastos 32(1): 91-104.
25. Di Marco, O. (2011). Estimación de calidad de los forrajes. Producir XXI Bs. As. 20(240):24-30
26. Estrada, X., Ibrahim, M., Camero, A., Abarca, S. e Hidalgo, C. (2015). Degradación Ruminal de forrajes tropicales cuando se sustituye king grass (*pennisetum purpureum*, *pennisetum typhoides*) por morera (*Morus alba*). Deposito de documentos de la FAO. Consultado en internet 25/03/2015. 1:56 am. <http://www.fao.org/wairdocs/lead/x6320s/x6320s00.htm>
27. Flores, O. I.; Bolivar, D.M.; Botero J. A. e Ibrahim, M. A. (1998). Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajera para suplementación de rumiantes en el trópico. Livestock Research for Rural Development 10(1). Consultado en internet el 24/03/2015. 23:45 pm. En <http://www.lrrd.org/lrrd10/1/cati101.htm>
28. Foidl, N.; Mayorga, L y Vásquez, W. (2003) Utilización del marango (*Moringa oleífera*) como forraje fresco para ganado. Conferencia Electrónica de la FAO "Agroforestería para la producción animal en Latinoamérica. <http://www.fao.org/ag/aga/AGAP/FRG/Agrofor1/Foidl16.htm> consultado el 06/08/2014 10:48 PM.
29. Galindo, J.; García, C.; Marrero, Y.; Castillo, E., Aldana, A.I.; Torres, V. y Sarduy, L. (2007) Efecto de la composición de pastizal de *Leucaena leucocephala* con gramíneas en la población microbiana ruminal de toros. Revista Cubana de Ciencia Agrícola 41(2)144-148.

30. García, A. L.; Clavero, T.; Razz, R.; Esparza, D.; Mavares, O. y Terán, L. (1997). Efecto de diferentes laminas de riego sobre el comportamiento de *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam) De Wit) rendimiento y valor nutritivo. Arch. Latinoam. Producción Animal 5 (1): 86-87.
31. García M.D.; Wencomo G.,H: González C.,M.; Medina R.,M.; y Cova O.,L. (2008) Caracterización de diez cultivares forrajeros de *Leucaena leucocephala* basada en la composición química y la degradabilidad ruminal. Revista MVZ Córdoba. Vol13 No 2 Mayo /Agosto 2008.
32. García, D. E.; Wencomo, H.B.; Medina M.G.; Cova L.J.; González M.E.; Pisan, P.; Domínguez C.E. y Baldizan A. (2008b) Variación interespecífica de la calidad nutricional de diecisiete accesiones de *Leucaena*. Avances en Investigación Agropecuaria enero abril, año 2008/ vol. 12, número 001. Universidad de Colima, Colima, México.
33. Giraldo, A., Zapata, M. y Montoya E. (2008). Captura y flujo de carbono en un sistema silvopastoril de la Zona Andina Colombiana. Asociación Latinoamericana de Producción Animal 16(4). 215-220
34. González M.; S. S. (2015). Aprovechamiento de esquilmos y subproductos en la alimentación del ganado. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Consultado en internet el 24/03/2015. 20:00 horas. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Aprovechamiento%20de%20esquilmos.pdf>
35. González, S., C. (2014) Reporte de encuesta a productores participantes del GGA AVATT. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas.
36. González, S.; C. (2013). Plan de desarrollo municipal para Acala. Departamento Agropecuario. Honorable Ayuntamiento Acala. Acala, Chiapas.
37. González, Y.; Reino, J.; Sánchez, J.A.; Fung C. y Machado R. (2005). Validación de la técnica de hidratado-deshidratación en semillas de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. Pastos y Forrajes 28(2) 117-126.
38. Grainger, C.M., Clarke, T., Auldist, M.J., Beauchemin, K.A., McGinn, S.M., Waghorn, G.C., and Eckard, R.J. (2009). Potential use of *Acacia mearnsii* condensed tannins to reduce methane emissions and nitrogen excretion from grazing dairy cows. Canadian Journal of Animal Science, 89(2), pp. 241-251.
39. Guevara, E. y Guenni, O. (2004) Acumulación y distribución de biomasa en *Leucaena leucocephala* (lam) de Wit., durante la fase de establecimiento. Zootecnia Tropical 22(2)2004

40. Gutiérrez, L.R. Rodríguez, T. D.; Martínez, T. G.; Aguirre, C. C. y Sánchez, G. R. A. (2012). Bancos de proteína para rumiantes en el semiárido mexicano. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Zacatecas. Folleto Técnico No. 47. Zacatecas, México.
41. Guttridge, R. C. y Shelton, H. M. (1998) Forage tres legumes in tropical agricultura. Tropical Grassland Society of Australia Inc. St Lucia, Queensland, Australia. Consultado 17/03/2015 9:19 am en <http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Publicat/Gutt-shel/x5556e00.htm#Contents>
42. Halliday, M.J.; Padmanabha, J.; McSweeney, C.S.; Kerven, G y Shelton,H.M. (2013). *Leucaena* toxicity: a new perspective on the most widely used forage tree legume. Forrajes tropicales (2013) volume1, 1 – 11.
- Hernández, R. A. y Villanueva, D. J. (2012). Establecimiento y manejo de un modulo silvopastoril de mezquite en la zona media de San Luis Potosí. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Folleto Técnico No.15. San Luis Potosí México.
43. Hernández, C. M.; Sánchez, C. S. y Simón, G. L. (2008) Efecto de los sistemas silvopastoriles en l fertilidad edáfica. *Zootecnia Tropical* 26(3): 319-321.
44. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2007). Censo Agropecuario y Forestal 2007. Aguascalientes, México. Consulta en línea. <http://www.inegi.org.mx/sistemas/ tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177&s=est>
45. Iraola, J.; Muñoz, E.; García, Y.; Hernández, J. L. y Moreira, E. (2012) Intercakamiento de maíz (*Zea mays*) en un sistema silvopastoril de *Brachiaria hibrido* cv Mulato y *Leucaena leucocephala* cv Perú. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 46(3):309-314.
46. Jadhav,S. B.; Pawar, S. N.; Jadhav S.B. y Waghmare, A.A. (2006)Evaluation of Alley Cropping system for soil and water conservation. *Indian Journal of Dryland Agricultural Research and Development* Vol.21:154-156.
47. Jiménez, L.; Pérez, A.; Rodríguez, A. y Ferrer, J. L. (2014) Materias primas alternativas a las convencionales para la fabricación de pastas de papel. Red Iberoamericana de Docencia e Investigación en celulosa y Papel (RIADICYP). Consultado el 17/03/2015.7:55 a.m. en http://www.google.com.mx/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&frm1&source=web&cd=1&ved=0CCAQFjAA&url=http%3a%2F%2Fwww.riadicyp.org%2Findex.php%3Foption%3Dcom_phocadownload%26view%3Dcategory%26download%3D295%253Amaterias-primas-alternativas-a-las-convencionales-para-la-fabricacion-de-pastas-para-papel%26id%3D19%253Abiotecnologia-aplicada-a-la-industria-de-celulosa-y-papel%26Itemid%3D

100035%26lang%3Des&ei=jx8lVemGC4v9oATnzoLADA&usg=AFQjCNHeohnN7FK60rlk6lvtl9S8XS-ZEQ

48. Jo Ayar, R. D. (1990) Producción de materia seca de *Leucaena leucocephala* con podas a diferentes alturas. UNACH. Tesis de licenciatura.

49. Lok, S. y Suárez, Y. (2014) Efecto de la aplicación de fertilizantes en la producción de biomasa de *Moringa oleifera* y en algunos indicadores del suelo durante el establecimiento. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 48 (4)399-403.

50. López, V. O. (2014) Evaluación del modelo EPIC para estimar rendimientos de maíz (*Zea mays*) en la Depresión Central de Chiapas, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco, Estado de México.

51. Machado, R. y Nuez, C.A. (1994). Caracterización de variedades de *Leucaena leucocephala* para la producción de forraje I establecimiento. Pastos y forrajes 17(1)13-19.

52. Martínez, E. C; Villanueva,-L. G., Casanova, L. F. (2013). Densidad y composición de árboles dispersos en potreros en la sierra de tabasco, México. Agrociencia, 47(5): 483 – 496.

53. Milera, M. (2013). Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente. Avances en Investigación Agropecuaria 17(3):7-24

54. Montero, S. F.M.; Valdez, H. . I.; De Los Santos, P. H. M.; Cetina, A. V.M. y Sánchez, V. L. R. (2011). Crecimiento Inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del norte de Veracruz. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 2(3): 53-68

55. Morales T.; H.(2001) Evaluación de sistemas de alimentación para la engorda intensiva de ganado bovino. Tesis de Doctorado. Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, Nuevo León, México.

56. Moreno, T. V. M. (2010). Estrategia regional del modelo de consenso silvopastoril intensivo para la ganadería sostenible del trópico michoacano. Fundación Produce Michoacán A.C. Morelia Michoacán, México.

57. Olson M.E. (2002). Combining data from DNA sequences and morphology for a phylogeny of Moringácea (Brasicales). Systematic Botany 27(1): 55-73.

58. Olson M.E. (2002a). Intergeneric relationships within the caricaceae-moringaceae clade (brassicales) and potential morphological synapomorphies of the clade and its families. *Int. J. Plant Sci.* 163(1):51–65
59. Olson, M.E y Fahey. (2011) *Moringa Oleifera*: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82: 1071- 1082.
60. Ortega, M. E.; Carranco, M. E.; Mendoza, G.; Castro, G.(1998). Chemical composition of *Guazuma ulmifolia* Lam and its potential for ruminant feeding. *Cuban Journal of Agricultural Science*. Vol. 32 No. 4 pp. 383-386
61. Otero, J.M. e Hidalgo, L.G (2004) Taninos condensados en especies forrajeras de clima templado: efectos sobre la productividad de rumiantes afectados por parasitosis gastrointestinales. *Livestock Research for Rural Developmen* 16(2) en <http://www.Producción-animal.com.ar>
62. Padmanabha, J.; Halliday, M.J.; Denman S. E.; Davis, C.K.; Shelton, H.M. and McSweeney, C.S.; (2014). Is there genetics diversity in the *Leucaena* bug *Synergistes jonesii* wich may reflect ability to degrade Leucaena toxins? *Tropical Grasslands- Forrajes Tropicales* 2: 113-115.
63. Pennington ,T.D. y Sarukhan K. J. (2005) Árboles tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies. UNAM Fondo de Cultura Económica. México. D.F.
64. Peña, R. A.; Núñez, H. G. y González, C. F. (2002). Potencial forrajero de poblaciones de maíz y relación entre atributos agronómicos con la calidad. *Técnica Pecuaria México* 40(3):215-228
65. Pérez, A.; Wencomo, H.; Navarro, M.; Iglesias, J. M.; Soca, M.; Cepero, L. y Canchila, E. R. (2008) Consideraciones acerca de la *Leucaena leucocephala* cv X: una nueva opción forrajera para un ecosistema ganadero con suelos ácidos e infértiles. *Pastos y forrajes* 31(4):1-4.
66. Pérez A., R. (2011) *Moringa oleífera*: Una alternativa forrajera para ovinos. Fundación Produce Sinaloa. Culiacán, Sinaloa. México. www.fps.org.mx
67. Pérez, U. y López, R. (2000). Estudio preliminar de la erosión hídrica en un inceptisol de los Andes venezolanos bajo uso agrícola. *Revista Forestal Venezolana* 44(2): 11-19
68. Petit A., J.; Casanova L., F. y Solorio S., F. (2010). Rendimiento de forraje de *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Moringa Oleífera* asociadas y en

monocultivo en un banco de forraje. Revista Forestal Venezolana. Año XLIV, Volumen 54(2) Junio Diciembre. Caracas, Venezuela.

69. Pezo D. e Ibrahim, M. (1999) Sistemas silvopastoriles. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. Consultado en internet. https://books.google.com.mx/books?id=_pYOAQAIAAJ&pg=PA5&lpg=PA5&dq=tipos+silvopastoriles+ibrahim&source=bl&ots=SXNvwUGkUY&sig=92VsKjRXBseUuioAYn9ApKkSwQk&hl=es&sa=X&ei=UX2QVc6eBlrAtQXD7IDACQ&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=tipos%20silvopastoriles%20ibrahim&f=false

70. Pinto R., R; Hernández S., D.; Ramírez A.,L; Sandoval C., C.A.; Cobos P.,M. y Gómez C. H. (2009) Taninos y fenoles en la fermentación in vitro de leñosas forrajeras tropicales. Agronomía mesoamericana 20(1): 81-89. 2009.

71. Pinto R. R; Ramírez, A; Ku, V., J.C.; Hernández, A.; Sánchez, F.; y Saucedo, H.. (2000) Evaluación químico nutricional y degradabilidad ruminal de especies arbóreas del centro de Chiapas, México. Memorias. IV Taller Internacional Silvopastoril “ Los arboles y arbustos en la Ganadería Tropical”. EEPF “ Indio Huatey” Matanzas, Cuba.

72. Price, M.L. (2007) The moringa tree. Nota técnica ECHO. Fort Myers, Florida. USA.

73. Roothaert, R. L. and Franzel, S. (2001) Farmers' preferences and use of local fodder trees and shrubs in Kenya. Agroforestry Systems 52 (3): 239 - 252.

74. Ruiz, T. E.; Febles, G.; Jordán, H. y Díaz, H. (2010) El árbol y su estabilidad en la productiva del pasto en un sistema silvopastoril. Revista Cubana de Investigación Agrícola 44(3):297-299

75. Ruiz, T. E.; Febles, G.; Padilla, C. y Díaz, H. (2006) Momento del intercalamiento de maíz (*Zea mays*) en el establecimiento de leucaena guinea (*Leucaena leucocephala* – *Panicum maximum*). Revista Cubana de Ciencia Agrícola 40(1):111-115

76. Senra, A. (2009). Impacto del ecosistema del pastizal en la fertilidad natural y sostenibilidad del suelo. Avances en Investigación Agropecuaria 13(2):3-15.

77. SAGARPA, 2015. Sistemas silvopastoriles. Consultado en internet. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Sistemas%20silvopastoriles.pdf>

78. SEMARNAT. (2002). NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-021-RECNAT-2000, que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad, y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. Diario Oficial de la Federación 31 de diciembre del 2002. Sección 1.
79. Serrano A., V.; Díaz Padilla, G.; López Luna, A.; Cano García, A.; Báez González, A. D.; y Garrido Ramírez, E. R. (2006). Estadísticas climatológicas básicas del Estado de Chiapas (período 1961 – 2003) Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
80. Serrano, R.; Mora, D. J. y Piñeros, V. R. (2014). Materia seca comestible en una pastura bajo diferentes coberturas de dosel arbóreo en una zona de bosque seco tropical ((BS-T) en el Tolima Colombia. *Zootecnia Tropical* 32 (4):351-362
81. SIAP-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2014). Consultado el 17 de febrero de 2014. <http://www.siap.gob.mx/> a las 11:55 pm
82. Solorio S., F.J. y Solorio S., B. (2008) Manual de manejo agronómico de *Leucaena leucocephala*. Fundación Produce Michoacán. Morelia, Michoacán
83. Valarezo, J.M. (2012). Los sistemas silvopastoriles como alternativa para la producción sostenible de bovinos en la amazonia sur ecuatoriana. *Revista Cedemaz* 2(1): 5-12.
84. Vargas, H. y Elvira, P. (1994) Composición química, digestibilidad y consumo de *Leucaena leucocephala*, madre cacao (*Gliricidia sepium*) y caulote (*Guazuma ulmifolia*). En: Benavides, J.E. (compilador y editor). Árboles y arbustos forrajeros en América Central. Centro Agronómico Tropical de Enseñanza e Investigación. Turrialba, Costa Rica.
85. Vargas, S. J. E. y Estrada, A. J. (2011) Evaluación de la producción la calidad nutricional de cinco especies forrajeras (arbustivas y arbóreas) para corte en condiciones de bosque seco tropical. *Vet. Zootec* 5(2):55-57
86. Velázquez, M. M. (2013) Taninos de forraje de árboles y su efecto en producción y calidad de la carne de bovinos y ovinos. Tesis de grado, Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.
87. Villa, V. H.; Nava, T.M.E.; López, O.S.; Vargas, L.S.; Ortega, J.E. y Gallardo, L.F. (2009). Utilización del Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.) como fuente de forraje en la ganadería bovina extensiva del trópico mecano. *Tropical Agroecosystems*, volumen 10, número 2, mayo – agosto, 2009.

88. Villegas V. I. (2011) Respuesta de *Leucaena leucocephala* en simbiosis con *Rhizobium* y/o micorriza en diferentes etapas de desarrollo durante la fitorremediación de fenantreno. Tesis de Grado Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.
89. Yescas, Y. R.; Bárcenas, G. R.; Mendoza, M. G.D.; González, M.S.S.; Cobos, P. M. y Ortega, C. M. E. (2004). Digestibilidad in situ de dietas con rastrojos de maíz o paja de avena con enzimas fibrolíticas. *Agrociencia* 38(1): 23-31.
90. Zarate S. (1987). *Leucaena Leucocephala*(Lam.) de Wit. *Phytology*,1987, 63(4):304-306.

VII. Apéndice

Cuadro 16. Estadísticas climatológicas normales de la estación Acala, municipio de Acala.

Mensuales

Variable	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media Anual
Temperatura máxima media (°C)	31.2	32.8	35.2	36.8	36.9	34.2	33.3	33.1	32.1	31.8	31.2	30.6	33.3
Temperatura máxima <i>maximorum</i> (°C)	41.4	46.2	44.6	45.7	45.8	43.5	43.0	42.0	40.6	38.0	39.0	39.0	46.2
Temperatura mínima media (°C)	13.6	14.5	16.5	18.9	20.7	21.0	20.4	20.4	20.5	19.3	16.9	14.8	18.1
Temperatura mínima <i>minimorum</i> (°C)	2.5	5.5	8.5	10.0	13.5	14.0	14.0	15.0	15.5	10.0	8.0	6.5	2.5
Temperatura media (°C)	22.4	23.6	25.9	27.9	28.8	27.6	26.8	26.7	26.3	25.6	24.0	22.7	25.7
Temperatura diurna media (°C)	27.4	28.6	30.8	32.4	32.8	30.8	30.0	29.9	29.3	28.9	28.0	27.2	29.7
Temperatura nocturna media (°C)	17.4	18.6	20.9	23.3	24.9	24.4	23.7	23.5	23.3	22.2	20.0	18.1	21.7
Oscilación térmica (°C)	17.6	18.3	18.8	17.9	16.2	13.3	13.0	12.8	11.7	12.5	14.3	15.9	15.2
Precipitación (mm)	0.6	1.6	2.8	13.9	79.0	225.7	159.9	178.9	205.8	83.1	23.1	2.5	977.0
Precipitación máxima en 24 horas (mm)	10.5	36.0	43.0	76.0	200.0	123.0	116.0	147.0	162.0	182.4	122.5	16.0	200.0
Número de días con lluvia	0.1	0.2	0.3	1.5	6.0	13.2	10.3	12.5	15.1	7.7	1.8	0.5	69.4
Evaporación (mm)	103.5	110.0	165.1	169.8	163.3	132.7	127.6	121.5	102.5	105.8	100.8	89.4	1492.0
Fotoperiodo (hr)	11.0	11.4	11.9	12.4	12.9	13.1	13.0	12.7	12.2	11.6	11.1	10.9	12.0

Decenales

Variable	Ene			Feb			Mar			Abr			May			Jun			Jul			Ago			Sep			Oct			Nov			Dic			Media Anual
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3							
Temperatura máxima media (°C)	31.0	30.8	31.6	32.2	33.1	33.1	34.3	35.0	36.3	36.4	37.0	37.2	37.5	36.9	36.4	36.3	34.0	33.4	33.0	33.8	33.2	33.4	33.1	32.9	32.5	32.1	31.8	31.9	31.9	31.6	31.4	31.2	30.9	30.3	30.8	30.8	33.3
Temperatura máxima <i>maximorum</i> (°C)	40.6	39.2	41.4	46.2	42.6	40.5	42.5	42.5	44.6	44.0	45.7	43.5	45.8	43.0	43.6	43.5	43.1	40.1	43.0	42.5	41.5	40.0	42.0	41.0	40.5	37.5	38.0	38.0	37.0	37.9	39.0	39.0	38.0	39.0	37.0	46.2	
Temperatura mínima media (°C)	14.0	13.2	13.5	14.2	14.6	14.8	15.7	16.2	17.5	18.6	19.9	19.2	20.3	20.8	21.1	21.2	21.1	20.7	20.5	20.3	20.2	20.4	20.4	20.3	20.5	20.5	20.4	20.1	19.4	18.6	17.8	16.6	16.3	15.6	14.7	14.1	18.1
Temperatura mínima <i>minimorum</i> (°C)	2.5	7.0	6.5	7.0	8.0	5.5	9.0	8.5	10.0	10.0	11.0	13.5	15.0	16.0	17.5	14.0	14.5	14.5	14.0	15.0	15.0	15.0	16.0	17.0	15.5	16.5	10.0	10.5	10.5	10.0	8.0	8.0	7.0	7.0	6.5	2.5	
Temperatura media (°C)	22.5	22.0	22.6	23.2	23.8	23.9	25.0	25.6	26.9	27.5	27.9	28.2	28.9	28.9	28.7	28.3	27.5	27.0	26.8	27.1	26.7	26.9	26.7	26.6	26.6	26.3	26.1	26.0	25.7	25.1	24.6	23.9	23.6	22.9	22.7	22.4	25.7
Temperatura diurna media (°C)	27.3	27.0	27.7	28.2	28.9	28.9	30.0	30.6	31.7	32.1	32.5	32.7	33.2	32.8	32.5	31.7	30.7	30.1	29.9	30.4	29.9	29.9	29.8	29.6	29.3	29.1	29.1	29.0	28.6	28.4	28.0	27.8	27.1	27.3	27.2	29.7	
Temperatura nocturna media (°C)	17.6	17.0	17.5	18.2	18.8	19.0	20.0	20.7	22.0	23.0	23.3	23.7	24.7	24.9	25.0	24.8	24.4	23.9	23.7	23.8	23.5	23.7	23.6	23.4	23.5	23.3	23.1	22.8	22.3	21.5	20.8	19.8	19.5	18.7	18.1	17.7	
Oscilación térmica (°C)	17.0	17.6	18.1	17.9	18.5	18.4	18.7	18.8	18.8	17.7	18.1	18.0	17.2	16.1	15.3	14.2	12.9	12.7	12.6	13.5	12.9	13.0	12.6	12.6	12.0	11.7	11.3	11.8	12.5	13.0	13.6	14.7	14.6	14.7	16.1	16.6	15.2
Precipitación (mm)	0.1	0.5	0.0	0.1	0.3	1.1	0.6	1.4	0.7	2.0	2.8	9.1	9.4	25.9	42.7	57.5	78.4	99.8	49.1	55.5	55.3	58.9	49.4	70.7	82.6	57.1	66.2	49.6	20.2	13.3	14.3	7.9	0.9	1.3	0.3	1.0	977.0
Precipitación máxima en 24 horas (mm)	4.0	10.5	0.0	4.5	11.0	36.0	8.5	43.0	26.0	20.0	29.0	76.0	28.5	200.0	110.0	103.0	103.0	114.5	106.3	116.0	106.0	147.0	64.9	99.0	162.0	105.0	80.0	182.4	46.5	50.0	20.0	12.5	10.7	16.0	9.5	10.0	200.0
Número de días con lluvia	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.4	0.4	0.7	1.3	2.0	2.7	3.8	4.4	5.0	3.5	3.2	3.5	3.9	4.0	4.7	5.2	4.7	5.3	3.9	2.4	1.4	1.0	0.6	0.2	0.3	0.1	0.2	69.4
Evaporación (mm)	31.4	32.8	39.3	34.8	40.4	34.8	49.4	53.8	61.8	56.4	55.9	57.5	54.1	53.2	56.0	48.5	43.7	40.5	39.4	43.3	44.9	39.5	39.9	42.1	34.3	34.1	34.1	34.8	33.6	37.4	35.3	33.0	32.5	28.1	28.3	33.0	1492.0
Fotoperiodo (hr)	10.9	11.0	11.1	11.3	11.4	11.6	11.7	11.9	12.1	12.3	12.4	12.6	12.8	12.9	13.0	13.1	13.1	13.1	13.1	13.0	12.9	12.8	12.7	12.5	12.3	12.2	12.0	11.5	11.6	11.5	11.3	11.1	11.0	10.9	10.9	10.9	12.0