



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MEXICO
Instituto Tecnológico de Altamira

SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA
TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ALTAMIRA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“ESTABLECIMIENTO DE UN MODELO SILVOPASTORIL
MULTIESTRATO, EN EL NORTE DE VERACRUZ.”**

TESIS

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN PECUARIA TROPICAL**

**Presenta
Mario Puga Meraz**



Instituto Tecnológico de Altamira

ALTAMIRA, TAMAULIPAS

JUNIO DE 2019



DEDICATORIA

A Dios:

Por darme la fuerza necesaria para continuar mi camino, llenando mi vida con salud, conocimiento y amor.

A mis padres:

Mario Puga Limas (†) y Esperanza Meraz Arguelles, por el gran amor que siempre han tenido, que les permitió formar un hogar, siendo ejemplo de lucha y superación, para cada uno de sus hijos.

A mis hermanos:

María Elsa, Sonia esperanza, Martha Elva, Rubén, Diana Luz, Griselda Y Patricia. Por su cariño, apoyo y solidaridad, que siempre han tenido, que junto con mis padres contribuyeron a formar el hogar donde me desarrolle.

A mi mujer:

Martha Alejandra mi compañera de vida constante, quien siempre me dio la motivación para lograr mis metas.

A mis maestros de posgrado:

Por su ejemplo de profesionalismo y entrega. Brindándome su orientación, manteniendo la paciencia y conservando el ánimo, en mí desarrollo formativo profesional.

AGRADECIMIENTOS

Al personal docente, técnico y administrativo del Tecnológico Nacional de México. Instituto Tecnológico de Altamira, en donde siempre recibí apoyo y orientación que contribuyeron de manera especial, en mi formación académica de posgrado.

A mis compañeros de posgrado:

Que mostraron su amistad, atenciones, comprensión y apoyo, en este proceso de lleno de experiencias y enriquecimiento profesional y personal.

Al Ing. Jorge Romero González:

Propietario del rancho “El Cien”, por facilitar instalaciones, equipo, apoyo y lo necesario para el desarrollo de trabajos experimentales.

Al DCP. José Manuel Palma García:

Por su disposición al orientarme, tanto en el título del trabajo como transmitiendo experiencias y facilitándome, publicaciones de su autoría.

Al MC. Baldomero Solorio Sánchez:

Por informarme sobre sus experiencias, en el manejo de sistemas silvopastoriles y facilitarme publicaciones de su autoría.

Al MC. Arturo Diconstanzo Zaragoza:

Por su apoyo y disposición. Mostrándome los trabajos y transmitiendo experiencias obtenidas el establecimiento de sistemas silvopastoriles en Tampico Alto Veracruz.

La presente Tesis titulada: “Establecimiento de un Modelo Silvopastoril Multiestrato, en el Norte de Veracruz.”, fue realizada por Mario Puga Meraz, bajo la dirección del Comité Particular indicado, y ha sido aprobada y aceptada por el mismo comité como requisito parcial para que el sustentante obtenga el grado de:

MAESTRIA PROFESIONALIZANTE EN PRODUCCION PECUARIA TROPICAL

COMITÉ DE TESIS

Director de Tesis:

M.C.P.A.T. José Luis Horak Loya

Co-Director:

M.C.P.A. Valente López Sánchez

Asesor:

D.C.A. Ricardo Velasco Carrillo

Asesor:

M.P.A. Carlos Eduardo Wild Santamaria

Cd. Altamira, Tamaulipas, enero de 2019

CONTENIDO

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
CONTENIDO	i
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis	2
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general	2
1.2.2 Objetivos específicos.....	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Impacto en la actividad productiva en zonas tropicales	4
2.2 Zonas ecológicas de México	6
2.3 Ganadería en el trópico.....	8
2.4 Gramíneas utilizadas en el modelo silvopastoril multiestrato.....	10
2.4.1 Digitaria decumbens Stent.....	10

2.4.2	Panicum maximum	11
2.5	Uso de árboles y arbustos forrajeros	14
2.6	Ventajas asociación árbol-pasto.....	16
2.7	Ventajas relación árbol animal	19
2.8	Árboles y arbustos forrajeros utilizados en el modelo.....	20
2.8.1	Guazuma ulmifolia Lam	20
2.8.2	Brosimum alicastrum Swartz	21
2.8.3	Leucana leucocephala Lam	23
2.9	Sistemas silvopastoriles	25
3.	MATERIALES Y METODOS.....	33
3.1	Localización del área de estudio	33
3.2	Producción de plantas en el vivero.....	33
3.3	Preparación de terreno y siembra	35
3.4	Muestreo de suelo.....	36
3.5	Establecimiento o siembra	38
3.6	Arreglo espacial	39
3.7	Composición botánica.....	43
3.7.1	Cobertura vegetal	44
3.7.2	Altura de planta	44

3.7.3	Número de plantas	45
3.8	Muestreos	45
3.9	Análisis estadístico.....	46
3.9.1	Comportamiento de la cobertura vegetal	46
3.9.2	Comportamiento de la altura.....	46
3.9.3	Comportamiento del número de plantas	47
4.	RESULTADOS y DISCUSIÓN	48
4.1	El comportamiento de la cobertura vegetal	48
4.2	Comportamiento de la altura	54
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1	Conclusiones	64
5.2	Recomendaciones	66
6.	LITERATURA CITADA	67
7.	Anexos	80
7.1-	Resultados del análisis de suelos	80
7.2	fotografías.....	83
7.2.1	Fotografías pruebas de escarificación procesos químicos.	83
7.2.2	Fotografías pruebas de escarificación procesos físicos	84
7.2.3	Fotografías. Siembra germinación y nacencia de plántulas.	85

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Propiedades nutricionales de las hojas de los árboles de guácimo y Leucaena	30
Cuadro 2. Propiedades nutricionales de las hojas de Ojite o Ramón	31
Cuadro 3. Distribución de tratamientos en campo	40
Cuadro 4. Análisis de la varianza de cobertura vegetal para modelos en la última fecha de muestreo.	48
Cuadro 5. Comparación múltiple de medias de tukey de cobertura vegetal para modelos	49
Cuadro 6. Análisis de la varianza de cobertura vegetal para Fechas y Modelos. .	50
Cuadro 7. Comparación múltiple de medias de tukey de cobertura vegetal para modelos.	51
Cuadro 8. Análisis de la varianza de altura del plasto Tanzania para Modelos con Submuestreo en la última fecha	55
Cuadro 9. Prueba tukey de Altura del pasto Tanzania en los 4 modelos en la última fecha	56
Cuadro 10. Análisis de la varianza para altura de leucaena para fechas y modelos	59
Cuadro 11. Comparación múltiple de medias de tukey de Altura del Leucaena para las ocho fechas de muestreo.	60

Cuadro 12. Análisis de la varianza número de plantas de leucaena para fechas y modelos. 62

Cuadro 13. Textura del suelo en el sitio experimental..... 90

Cuadro 14. Retención de humedad del suelo en el sitio experimental.....91

Cuadro 15. Fertilidad del suelo en el sitio experimental.....91

LISTA DE FIGURAS

Cuadro 15. Fertilidad del suelo en el sitio experimental.....	91
v	
Figura 1. Producción de plantas en el vivero <i>Guazuma ulmifolia</i>	34
Figura 2. Producción de plantas en el vivero <i>Brosimum alicastrum</i>	35
Figura 3. Preparación de terreno.....	36
Figura 4. Muestreo de suelo.....	37
Figura 5. Siembra pasto <i>Panicum maximum</i> y <i>Leucaena leucocephala</i>	39
Figura 7. Modelo 2 Asociación <i>Digitaria decumbens</i> , <i>Panicum maximum</i>	41
Figura 8. En campo los pastos <i>Digitaria decumbens</i> , <i>Panicum maximum</i>	41
Figura 9. Modelo 3 Asociación <i>Digitaria decumbens</i> , <i>Panicum maximum</i> y <i>Leucaena leucocephala</i>	42
Figura 10. Modelo 4 Asociación <i>Digitaria decumbens</i> , <i>Panicum maximum</i> , <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Guazuma ulmifolia</i>	42
Figura 11. Modelo 5 Asociación <i>Digitaria decumbens</i> , <i>Panicum maximum</i> <i>Leucaena leucocephala</i> y <i>Brosimum alicastrum</i>	43
Figura 12. Pastos y arbóreas en los modelos establecidos en campo	43
Figura 13. Marco cuadriculado con el cordel donde se obtuvo el porcentaje de cobertura.....	44
Figura 14. Medición altura de planta	45

Figura 15. Comportamiento de la dinámica de la cobertura vegetal promedio para los modelos durante el periodo de estudio.	52
Figura 16. Cobertura vegetal promedio de los 5 modelos.	54
Figura 17. Comportamiento altura promedio del pasto Tanzania en cuatro modelos.	58
Figura18. Comportamiento altura promedio de leucaena en tres modelos.	61
Figura 19. Comportamiento del número de plantas promedio de leucaena en los tres modelos durante el periodo de estudio.	63
Cuadro 13. Textura del suelo en el sitio experimental.	80
Cuadro 14. Retención de humedad del suelo en el sitio experimental.	81
Cuadro 15. Fertilidad del suelo en el sitio experimental.	81
Figura 20. Escarificación con ácido clorhídrico en concentración 20%, 50%, tiempos de exposición de (sumergir y sacar) de 15 y 30 minutos.	83
Figura 21. Escarificación con ácido gilberélico 48 horas	83
Figura 22. Escarificación método físico raspado lija en bote.	84
Figura 23. Escarificación método físico, exposición de las semillas a temperatura de 95°C durante un tiempo de 5 minutos	84
Figura 24. Siembra de Leucaena en charolas.	85
Figura 25. Germinación y nacimiento de las primeras plántulas de Leucaena.	85
Figura 26. Siembra de Ramón en bolsas	86
Figura 27. Germinación y primeras nacencias de plántulas de Ramón	86

RESUMEN

En este estudio se evaluó el establecimiento de especies arbóreas originarias de la zona tropical de México; leucaena *Leucaena leucocephala*, Guácima *Guazuma ulmifolia*, ojite o Ramón *Brosimum alicastrum*. En asociación de las especies gramíneas, pasto pangola *Digitaria decumbens*, pasto tanzania *Panicum maximum*. El trabajo se estableció en el rancho “El cien” ubicado en la brecha huasteca del municipio de Tampico alto Veracruz. Con el objetivo de incluir especies nativas para enriquecer ecosistemas alterados bajo el concepto de sistemas silvopastoriles multiestrato. El área experimental ocupa una superficie de una hectárea, se estableció un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones, consistiendo en 15 unidades experimentales de 20 x 20 m. así mismo se realizó un análisis de varianza con comparación de múltiples de medias por el método de Tukey al 0.05. Los Tratamientos fueron: T1. *Digitaria decumbens* que se utilizó como testigo. T2. Asociación *Digitaria decumbens* y *Panicum maximum* siembra surcado a 80 cm. Utilizando una dosis de 4 kg/ha T3. Asociación *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum* siembra surcado a 80 cm. Utilizando una dosis de 4kg/ha. y *Leucaena leucocephala* sembrada en surcos a 2.40 m. a una dosis de 3kg/ha. T4. Asociación *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala* sembrada en surcos a 2.40 m. a una dosis de 3 kg/ha. *Guazuma ulmifolia* sembrada a cada 3 m. sobre el surco de Leucaena, para lo cual se utilizaron plantas mayores a 30 cm. de altura. T5. Asociación *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Leucaena leucocephala* sembrada en surcos a 2.40 m. a una dosis de 3kg/ha. *Brosimum alicastrum* sembrada cada 3 metros sobre el surco de leucaena, para lo cual se utilizaron plantas mayores de 20 cm. de altura. Las variables a medir: Composición de plantas, Cobertura vegetal, Altura de plantas, Número de plantas, Se observó dentro de los resultados mediante un análisis con el programa de SAS y comparativamente se llegó a la conclusión que la *Digitaria decumbens* cuando se establece como especie única logra desarrollarse bien y al interactuar con las demás especies baja

su Cobertura vegetal, Altura de Planta y Número de plantas, el *Panicum maximum* por ser la especie de más rápido crecimiento fue la que logro siempre mayor cobertura, mostrando que disminuye un poco su desarrollo en altura al interactuar con las arbóreas. La *Leucaena leucocephala* mantuvo su adaptación tanto con las gramíneas como con las arbóreas con niveles semejantes, en cuanto a altura. En el caso de *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* mostraron que pueden integrarse junto con *Leucaena leucocephala* en un sistema silvopastoril y gramíneas.

ABSTRACT

In this study the establishment of native tree species in the tropical area of Mexico was evaluated; leucaena *Leucaena leucocephala*, Guácima *Guazuma ulmifolia*, Ojite or Ramón *Brosimum alicastrum*. In partnership species of grasses, Pangola grass *Digitaria decumbens*, Tanzania grass *Panicum maximum*. The work was established in the ranch "El cien" located in the brecha huasteca at the county of Tampico Alto, Veracruz. In order to include native species to enrich altered ecosystems under the concept of multilayer silvopastoral systems. The experimental surface covers an area of one hectare, a design of complete randomized blocks was established with three replicates, consisting of 15 experimental units of 20 x 20 m. Also an analysis of variance with multiple comparison of means by the method of Tukey at 0.05 was made. Treatments were: T1. *Digitaria decumbens* was used as control. T2. *Digitaria decumbens* and *Panicum maximum* seed association plowed to 80 cm. Using a dose of 4 kg/ha T3. *Digitaria decumbens* and *Panicum maximum* seed association plowed to 80 cm. Using a dose of 4kg/ha. And *Leucaena leucocephala* sown in 2.40 m furrows. at a dose of 3 kg/ha . T4. *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum* and *Leucaena leucocephala* association sown in 2.40 m furrows. at a dose of 3 kg/ha. *Guazuma ulmifolia* planted every 3 m. on the Leucaena furrow, for which plants higher to 30 cm height were used. T5. *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Leucaena leucocephala* association sown in 2.40 m furrows at a dose of 3 kg/ha. *Brosimum alicastrum* planted every 3 meters on the leucaena furrow, for which plants higher to 20 cm height were used. The variables measured: Composition of plants, plant coverage , plant height , number of plants, was observed within the results by analysis with the SAS program and concluded comparatively that *Digitaria decumbens* when set as an only specie achieved a good growth and when interacting with other species its plant coverage, plant height and number of plants lowers, *Panicum maximum* for being the fastest growing specie always achieved greater coverage , showing that lowers some height growth when interacting with the arboreal. *Leucaena leucocephala* kept adapting with both, grasses and the

arboreal with similar levels. For Guazuma ulmifolia, Brosimum alicastrum showed that can be integrated together with Leucaena leucocephala and grasses silvopasture system.

1. INTRODUCCIÓN

La expansión de la ganadería extensiva en la región norte del estado de Veracruz ha eliminado grandes áreas con vegetación original de selva mediana subperennifolia (Miranda. F. y E. Hernández, 1963) (Pennington. T. D. y J. Sarukhán, 1998).

En los últimos años cobra cada vez más fuerza la visión agroecológica del manejo de los pastizales, con énfasis en la búsqueda de conocimiento más acertado acerca de la relación suelo-planta-animal y el funcionamiento sostenible de los ecosistemas ganaderos, basado en la diversidad biológica. (Sánchez., 2007).

Ante la necesidad de tener un desarrollo sustentable dentro de la actividad ganadera en el trópico, se busca optimizar la utilización de recursos forrajeros de la región, de tal forma que permitan mantener la producción de carne y leche a bajo costo, para lo cual plantea el establecimiento de un sistema de producción silvopastoril, que contemple la asociación de diferentes especies forrajeras interactuando entre ellas, (Ortiz., 2012).

En busca de lograr el aprovechamiento de la superficie a diferentes estratos, en base a la utilización de especies arbóreas originarias de la zona tropical del golfo de México como: *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y las gramíneas *Digitaria decumbens* y *Panicum maximum* que han probado su adaptación al ser utilizadas por décadas bajo diferentes formas de pastoreo en gran parte del territorio nacional.

Se plantea evaluar el establecimiento de un modelo de producción silvopastoril que incluyan el uso de las gramíneas en asociación como pasto Pangola *Digitaria decumbens* de porte bajo, Tanzania *Panicum maximum* de crecimiento amacollado de porte más alto, así mismo en interacción con plantas arbustivas Lucaena *Leucaena leucocephala*, considerándose de porte medio, el Guácimo *Guazuma ulmifolia*, de porte alto y Ojite o Ramón *Brosimum alicastrum* de porte

más alto, con el interés de aprovechar una producción vertical en estratos, en el norte de Veracruz.

Mediante estos estudios se pretende mejoren las condiciones de alimentación del ganado al aumentar la producción de biomasa por unidad de superficie, aprovechar la disponibilidad de nutrientes para el ganado que ofrecen estas arbóreas forrajeras, disminuir los periodos de escases de forraje gracias al aprovechamiento de estos arbóreos en épocas de sequía e inundaciones, Inducir sinergismos entre las diferentes especies vegetales y microorganismos, aumentar la cobertura vegetal disminuyendo los efectos de erosión y Mantener bajos costos en la alimentación del ganado tanto para la producción de carne como de leche. (Ortiz., 2012)

1.1 Hipótesis

Al menos un modelo silvopastoril es diferente a los demás en su establecimiento.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar el establecimiento de cinco modelos de producción silvopastoril en el norte de Veracruz.

1.2.2 Objetivos específicos

- Evaluar la cobertura vegetal durante el establecimiento

- Determinación de la cobertura vegetal de las diferentes especies de los modelo silvopastoriles.
- Valoración de las diferentes alturas de las especies de los modelo silvopastoriles durante el establecimiento.
- Determinar número de plantas de los modelo silvopastoriles durante el establecimiento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Impacto en la actividad productiva en zonas tropicales

Los procesos naturales presentes en nuestro planeta se alteran constantemente por el género humano en su afán de alcanzar las metas impuestas por los modelos de desarrollos imperantes a nivel global. El impacto más adverso constatado en el presente siglo se relaciona con la aplicación y la adopción progresiva de métodos intensivos y focalizados exclusivamente en un objetivo productivo único, sin tener en cuenta el sustento natural de los sistemas productivos (Alonso j. , 2009) de 1990 a 2015 ha habido una pérdida neta de unos 129 millones de hectáreas de bosque; la mayor superficie de bosque que fue convertida entre 1990 y 2015 en tierras destinadas a otros usos se encuentra principalmente en los trópicos, que han mostrado pérdidas en cada uno de los períodos de medición desde 1990; es probable que continúe también la demanda para convertir más tierras forestales en tierras agrícolas, en particular en los trópicos (a menos que la productividad agrícola se incremente sustancialmente en las tierras agrícolas ya en servicio (FAO, J. G. da Silva,, 2006) La destrucción de grandes extensiones de bosques y selvas en diversas regiones tropicales del mundo, estimadas en 17 millones de hectárea al año (FAO, 1994)

En México la deforestación ha sido un proceso continuo que data de los años 20's cuando empezaron a desarrollarse los programas de apoyo al campo, mismo que ha dado lugar a que México se sitúe entre los países que más deforesta en todo el mundo (CCMSS, 2008). Entre las principales causas se menciona a las actividades agropecuarias (82%) y el 18% restante se debe a otros factores como incendios, huracanas y tala clandestina (Solorio, 2013).

México cuenta con una superficie productiva de 56 millones de hectáreas, las cuales se están perdiendo rápidamente; la FAO en el 2006 documentó una

deforestación de 314 mil hectáreas anuales; del 2000 a 2005 México ocupa el quinto lugar a nivel mundial en cuanto a tasa de deforestación, cada año se pierden entre 600 mil y 700 mil hectáreas de bosques. (FAO. IPCC, 2007)

La temperatura del planeta ha aumentado debido a la contaminación atmosférica global por la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), resultado de la quema de combustibles fósiles, los incendios forestales y ciertas prácticas agrícolas. La agricultura y la ganadería poseen una alta contribución, con el consecuente calentamiento global; esto, debido a los métodos empleados para incrementar la producción de alimentos a partir de técnicas de producción poco eficientes; como consecuencia, se agudiza la sequía y los eventos meteorológicos que ponen a este sector en alto riesgo frente al cambio climático (Álvarez, 2007)

Debido a la pérdida de gran parte de la cobertura vegetal, el cambio de uso de suelo se ha convertido en una de las principales causas que contribuyen en la emisión de gases de efecto invernadero, uno de los gases con mayor importancia desde el punto de vista del calentamiento global es el dióxido de carbono (CO_2), esto debido al tiempo de residencia de éste gas en la atmósfera, el volumen producido todos los años, lo cual ha incrementado su concentración atmosférica y lo hace responsable del 50% del calentamiento global a través de la absorción de la radiación térmica emitida por la superficie de la tierra (Houghton, 2001)

De acuerdo a los estudios realizados por, J. Ferrer en el 2000, describe que el proceso de desarrollo de la ganadería en las áreas tropicales ha sido un factor determinante en la reducción de áreas de selvas y bosques. Diversos estudios indican que en América latina, cerca de 30 millones de hectáreas de bosques húmedos tropicales han sido directa o indirectamente convertidas a pastos, aunado a este proceso de deforestación para el desarrollo de la ganadería, los sistemas de producción animal, especialmente en los trópicos muestra un fuerte deterioro no solo en las bases de sus recursos naturales, sino también en su capacidad de solventar los efectos de las crisis económicas recurrentes en las sociedades rurales. (Orozco, 2009).

En los resultados de la evaluación de la degradación del suelo de 1999, se identificaron las causas principales responsables del deterioro de los suelos, encontrando a la deforestación como una de las que más influyen con el 25.81 %, referido como la eliminación de la vegetación arbórea de selvas, bosques y matorrales; el cambio de uso del suelo es responsable de un 25.47 %, referido a la apertura de nuevas áreas para la agricultura, ganadería y urbanización; y el sobrepastoreo con 24.57 %, ocasionado por la excesiva carga animal, y manifiesto en el pisoteo, que propicia la disminución de la cubierta vegetal y compactación, sobre el suelo. La labranza poscosecha representa un 9.29 %, entendida como el manejo inadecuado del suelo después de la cosecha, dejándolo expuesto a la erosión hídrica y eólica, principalmente (SEMARNAT, 1999).

2.2 Zonas ecológicas de México

Dentro de las zonas ecológicas de México se describe la tropical subhúmeda, que se distribuye en una porción de la planicie costera del pacífico, la península de Yucatán, el centro de Veracruz, el sur de Tamaulipas y el occidente y sur de México. Abarcando aproximadamente el 17% del territorio mexicano. Que se caracteriza por tener un clima cálido húmedo con una temporada larga de sequía y una marcada estacionalidad de la precipitación. Y vegetación de un bosque tropical caducifolio. Es importante por su abundancia de especies así como por tener los índices más elevados de endemismo de flora y herpetofauna sin embargo se calcula que más del 55 % de la cubierta vegetal ha sido exterminada por la extracción forestal y por la agricultura. (Rzedowski, 1978).

Como zona el trópico húmedo abarca 9 estados del sur sureste. Cubre el 11% del país lo que representa 20.15 millones de hectáreas, se caracteriza por tener un clima cálido húmedo con temporadas de seca muy cortas o ausentes. Una cubierta original de selvas medianas a altas y sabanas. Se tiene calculado que a partir del 1970, entre un 40 y 90 % estas áreas han sido deforestadas a causa de

actividades agrícolas y ganaderas sobre todo en los estados de Veracruz, Tabasco, Oaxaca y Chiapas.

En el trópico mexicano se presentan seis tipos de climas y destacan por su importancia en cuanto a superficie el grupo de climas A (calientes húmedos), localizados tanto en la vertiente del Golfo de México y el Pacífico en altitudes de 0-1000 msnm. El Aw es un clima caliente subhúmedo, con temperatura media del mes más frío superior a 18 °C. Se encuentra en la Llanura Costera del Golfo, en la mayor parte de la Península de Yucatán, en la Cuenca del Balsas y la Depresión central de Chiapas, así como en la mayor parte de la vertiente del Pacífico. El Am (caliente húmedo con lluvias en verano) es característico de la llanura tabasqueña y en el declive del Pacífico en la porción Sudeste de la Sierra Madre de Chiapas. La temporada de mayor precipitación comprende el verano y parte del otoño. Las lluvias en la Sierra Madre de Chiapas se concentran, casi en su totalidad, en el verano, por lo que existe una temporada seca más acentuada con relación a la región del Golfo, lo que se debe al efecto de los nortes que originan algo de precipitación. El clima Af, caliente húmedo, con lluvias todo el año, abarca parte de Tabasco y Chiapas, y pequeñas áreas de Veracruz y Oaxaca. Otros de menor cobertura territorial son el BS1, que es el menos seco de los Bs con un clima intermedio entre los muy áridos Bw y los húmedos Awo, se encuentran en pequeñas porciones del trópico, específicamente en la región noreste de la península de Yucatán, en la región costera de Colima y en la Cuenca del Río Balsas. (García, 1988) (García., 1989)

Los bosques tropicales subhúmedos tienen un alto potencial utilitario y en ellos se han registrado especies forrajeras importantes: *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Brosimum alicastrum* y especies de los géneros *Leucaena* y *Acacia*, entre muchas otras (Flores M., 1993) (Flores O. J. D., 1998) . La paradoja es que especies importantes, tanto de uso forrajero como comestible y medicinal, están desapareciendo por la tala de dicho hábitat para sustituirlo por pastizales (Sánchez-Velásquez., 2002).

2.3 Ganadería en el trópico

La ganadería ha sido considerada durante muchas décadas como la causante de conflictos ambientales, principalmente relacionadas con la deforestación, la compactación, la erosión y la pérdida de fertilidad de los suelos. (Ibrahim y Mora, 2001).

Muchas extensiones de selva donde antes abundaba el Ramón, como las de Veracruz, han sido sustituidas por pastizales para el pastoreo, sin tomar en cuenta que los árboles representan un importante recurso para el forraje durante la sequía. Algunas comunidades rurales reconocen su valor y mantienen las selvas para que el ganado pastoree libremente en ellas, aunque esta actividad de todas formas acaba con las semillas y plántulas, que son la fuente de regeneración de la especie (Meiners, 2009).

la ganadería vacuna se basó, durante muchos años, en la utilización de los pastos (principalmente de las gramíneas) así como de altas cantidades de insumos externos (concentrados para la alimentación animal, fertilizantes, combustible), el empleo de animales con altas producciones de leche pero inadaptados a las condiciones tropicales y a la presencia de una sólida base alimentaria en la mayoría de las empresas ganaderas con un concepto de manejo y utilización de los alimentos y los animales, similar al empleado en los países desarrollados (Orozco, 2009).

En el trópico de México, el sistema de doble propósito tiene una contribución a la producción nacional de leche del 18 % del total (SIAP., 2007). En este sistema, las praderas aportan más del 90 % del forraje en la alimentación de las vacas en producción y prácticamente en el 100 % en vacas seca, becerras y vaquillas en desarrollo. Para el año 1999 se tenía un inventario de 11.9 millones de hectáreas de praderas en la región tropical del país, en donde la mayor aportación de forraje proviene de los géneros *Cynodon* y *Panicum*. Destacan por su superficie establecida con pastos introducidos los estados de Veracruz, con 3.1 millones de

hectáreas, Chiapas con 1.5 millones de hectáreas, Tamaulipas con 1.1 millones de hectáreas, Tabasco con 849 mil hectáreas, Yucatán con 611 mil hectáreas, Campeche con 514 mil hectáreas, y Oaxaca con 510 mil hectáreas, entre los más importantes de la zona tropical (Villegas *et al.* 2001). En las últimas décadas, las especies del género *Brachiaria* han cobrado importancia en superficie sembrada siendo las principales el Señal (*Brachiaria decumbens* Stapf), Insurgente y Toledo (*Brachiaria brizantha* A. Richard Stapf), Humidícola (*Brachiaria humidicola* Sch) e Isleño (*Brachiaria dictyoneura* Stapf), con una superficie sembrada entre 1990 y 2003 de 3.6 millones de hectáreas (Holman F., 2004).

Dentro de las principales gramíneas forrajeras tropicales cultivadas en México para la ganaderías son Guinea *Panicum maximum* y variedades Tanzania Mombasa, Llanero *Andropogon gayanus*, Insurgente *Brachiaria brizantha*, Chontalpo o Señal *Brachiaria decumbens*, Pará *Brachiaria mutica*, Mulato *B. brizantha* x *B. ruzizensis*, Humidicola *Brachiaria humidicola*, Estrella *Cynodon plectostachyus*, Pangola *Digitaria decumbens*, Buffel *Cenchrus ciliaris*, Alemán *Echinochloa polystachya*, Elefante, Merkeron *Pennisetum purpureum*, King Grass, Taiwan *Pennisetum purpureum* (Villegas D G., 2001)

El INIFAP utilizando la metodología generada por la FAO en 1981. Realiza la regionalización del potencial forrajero ajustada y modificada para las condiciones edafoclimáticas de México. Para la zona que comprende el municipio de Tampico Alto Veracruz. Se regionalizaron seis gramíneas; Llanero *Andropogon gayanus*, Guinea *Panicum maximum*, Estrella *Cynodon plectostachyus*, Insurgente *Brachiaria brizantha*, Elefante *Pennisetum purpureum*, Pangola *Digitaria decumbens* (INIFAP, 2004)

2.4 Gramíneas utilizadas en el modelo silvopastoril multiestrato

2.4.1 *Digitaria decumbens* Stent

Digitaria decumbens se basa en una planta del distrito Nelspruit del Transvaal Sudáfrica A. Plantas que posteriormente fueron remitidas a la misma que se cultiva en Pretoria como la cepa "Río Pangola" de la hierba dedo lanudo y ahora se introduce en la mayoría de los países tropicales. (Chippendall, 1955)

El pasto Pangola es una planta perenne estolonífero que difiere de *Digitaria pentzii* principalmente en tener las cañas muy ramificado, por lo general decumbentes, ya menudo con enraizamiento de los nudos inferiores, las espiguillas 2.5 a 3 mm de largo y bastante glabras, los pelos de la gluma superior y lema inferior ser corto, fino y discreto. (Chippendall, 1955).

El Pangola es una hierba, que sus órganos reproductivos y femeninos son estériles porque tiene cromosomas rezagados que producen núcleos desequilibrados en el polen y porque en la meiosis no logra superar la metafase. Las flores son estériles, atribuyéndose este carácter a un origen intraespecífico ($2n = 27$), otras *Digitarias* $2n = 18, 36, 54, 72$ (Sheth & Yu, 1956)

Como el Pangola no produce semillas viables, la propagación se efectúa por los estolones. Para grandes superficies, el método más rápido es cortar el material vegetal en un recolector de paja-cutter o forraje ajustado para proporcionar piezas de plantas con unos pocos nudos, esparcido este material sobre el campo arado y rastra de discos, o simplemente realizar un paso de rastra de discos. (Skerman & Riveros, 1990). La plantación a mano de material vegetativo alrededor de un metro de distancia dará una buena cobertura. Una pequeña área de semillero establecida anteriormente servirá para proporcionar material para la futura plantación o ampliación (Skerman & Riveros, 1990)

El pasto pangola tolera pastoreo intensivo. Pastoreo muy pesado no es perjudicial si se permite que la hierba vuelva a crecer a una altura de 30 a 45 cm. (Hutton, 1968) (Bennett, 1973).

En Jamaica, Creek y Nestel (1965) encontró que el pangola se pastoreo a intervalos de 32 días se produce más materia seca y más ganancia de peso que cuando se pastoreo a intervalos de 40 días. En los Estados Unidos, se sugiere que se pastoree en rotación, lo que permite el descanso de una semana durante los pastos en verano y de dos a tres semanas durante el resto de la temporada de crecimiento (Skerman & Riveros, 1990)

En el Campo Experimental “La Posta” del INIFAP, en la región central del estado de Veracruz, se logró determinar la edad nutricionalmente aceptable de uso del pasto Pangola *Digitaria decumbens*. Su valor energético disminuye poco con la edad. Pero su contenido de proteína a los 50 días puede caer al 7%. A esa edad su rendimiento de MS es de 2,000 kg/ha. A diferencia de otros como el Estrella de Africa *Cynodon plectostachyus* se lignifica muy rápido. No conviene utilizarlo después de los 40 días aunque su rendimiento de MS sea de solo 2,000 kg/ha. (INIFAP Juárez, 2005)

2.4.2 Panicum maximum

Originario de África de donde se introdujo en América y resto del mundo (McVaugh, 1983) y la especie *Panicum maximum* se encuentra ampliamente distribuida en la zona tropical y subtropical del mundo (Whyte & Moir, 1959).

Se ha registrado en Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Estado de México, Guerrero, Jalisco, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz y Yucatán (McVaugh, 1983) (Villaseñor R., 1998.).

La hierba Guinea pertenece al orden *Glumiflorae* (León, 1946), por poseer tallos conspicuamente articulados con hojas alternas y mayormente envainadora, flores dispuestas en una inflorescencia compuesta con la presencia de glumas y fruto en cariopside. Dentro de la familia de las gramíneas se le sitúa en la sub-familia Panicoidea porque la desarticulación de las espiguillas es debajo de las glumas, cayendo éstas enteras; las lemas son nervadas (Harlam J. , 1956) La espiguilla de la guinea Común es de 3,5 mm y en guinea Enana de 2,5 mm (Yepes, 1971).

Hierba perenne, amacollada, robusta, tamaño de 1 a 2.5 m de alto o más.

Tallos conspicuamente articulados con hojas alternas, generalmente con pelos largos y erectos en los nudos. (Harlam J. , 1956) (McVaugh, 1983).

Hojas: Alternas, dispuestas en 2 hileras sobre el tallo, con las venas paralelas, divididas en dos porciones, la inferior llamada vaina que envuelve al tallo, es más corta que el entrenudo del tallo y que presenta pelos erectos con su base engrosada, y la parte superior de la hoja llamada lámina que es muy larga, angosta, plana, áspera al tacto en los márgenes y con pelos erectos principalmente hacia la base; entre la vaina y la lámina, por la cara interna, se presenta una pequeña prolongación membranácea terminada en pelos, llamada lígula. (McVaugh, 1983).

Inflorescencia: Una panícula grande (de hasta 50 cm de largo), con numerosos racimos rígidos y ascendentes. Los racimos de la parte inferior de la inflorescencia están dispuestos en verticilos. Cada racimo con numerosas espiguillas. Los ejes de la inflorescencia a veces ondulados. (McVaugh, 1983).

Espiguilla/Flores: Espiguillas: Pediceladas. Las flores son muy pequeñas y se encuentran cubiertas por una serie de brácteas, sin aristas. Frutos y semillas. Una sola semilla fusionada a la pared del fruto. Raíz. Rizoma rastrero. (McVaugh, 1983).

La hierba guinea es uno de los pastos más extendido en las regiones tropicales y sub-tropicales y especialmente en la zona del Caribe, donde se ha naturalizado y diversificado extraordinariamente. La más conocida y extendida es la llamada guinea común, que en realidad es una mezcla de diferentes biotipos.

Las variaciones morfológicas de esta especie inciden en su valor agronómico; León y Sgaravatii (1971) reportan la existencia de más de 55 variedades en 20 países tropicales, mientras que Sidak, Seguí y Pérez (1977) al estudiar una población compuesta por 192 clones, encontraron una gran variabilidad en esta especie (León J. &, 1971) (Sidak & Seguí, 1977).

En la comparación entre Marandú *Bracharia brizantha* y Tanzania *Panicum maximum* la principal ventaja de Tanzania es su mayor producción en otoño e invierno, (Ibarra., 2005).

El pasto Tanzania es una variedad *Panicum maximum* producido por el Centro Nacional de Investigación como pasto de Corte (EMBRAPA) en 1990. Esta planta tiene una masa de alta producción, hasta el 80% de las hojas y soporta 4,7 unidades animales (450 kg) por ha (Corse, 1995). Además, esta planta tiene una buena adaptación y crecimiento en baja fertilidad del suelo, y es fácil de administrar (Euclides, 1999).

En el Campo Experimental “La Posta” del INIFAP, en la región central del estado de Veracruz, se evaluaron los pastos *Panicum maximum* cv. Tanzania, *Panicum maximum* cv. Mombaza, *Cynodon plectostachyus* Estrella de Africa; *Digitaria decumbens* Pangola, *Andropogon gayanus* cv. Llanero, *Brachiaria brizantha* cv. Insurgente, *Brachiaria spp* Mulato, cortados a los 7, 14, 21, 28, 35, 42, 49, 56, 63, 70, 77, y 95 días de rebrote, en donde Tanzania obtuvo los rendimientos de materia seca más altos con 6.8 t/ha. Y el más alto valor en proteína cruda de 9.2 %. Se logró determinar el intervalo practico de uso en días de la edad de rebrote nutricionalmente aceptable para: Tanzania *Panicum maximum*: 15 días entre los 35 y los 50 días de edad con un rendimiento de 3000 a 5000 kg ha⁻¹ (INIFAP Juárez, 2005).

Panicum maximum mostró un alto potencial asociativo con los árboles. En estas condiciones la sombra constituyó un factor controlador de las plantas de bajo valor nutritivo como el *Dichanthium* y condicionó un mejoramiento significativo de la calidad del pastizal en cuanto a su composición botánica. (Pentón, 1999).

2.5 Uso de árboles y arbustos forrajeros

Se han identificado una gran diversidad de especies con alto potencial para la alimentación animal en sistemas silvopastoriles, o como bancos de proteína en diferentes zonas y condiciones edafoclimáticas, tanto de especies leguminosas con o no leguminosas (Giraldo L. A., 1995) (Giraldo L. , 2000) (Flores, 1998) (Ibrahim M., 1998). (Ibrahim y Mora, 2001).

El uso multipropósito de árboles y arbustos forrajeros es una práctica conocida por los productores agropecuarios de diferentes países. Por ejemplo, en Cuba, a partir de un programa de introducción, caracterización, evaluación y utilización, se hicieron estudios con una amplia gama de cultivares que incluyeron plantas arbóreas de la familia de las leguminosas y otras, evaluadas en diferentes condiciones edafoclimáticas (Machado, 1997) .

El uso de follaje de árboles y arbustos para alimentar rumiantes es una práctica conocida por los productores en América Central desde hace siglos, de tal manera que el conocimiento local de los productores es de mucha importancia para la sistematización de investigación en leñosas forrajeras (Arias R, 1987), (Ibrahim M., 1998) Especies como ramón *Brosimum alicastrum*, madero negro *Gliricidia sepium*, poro *Erythrina spp* y guácima *Guazuma ulmifolia*, son generalmente utilizadas durante la época seca como suplemento para los animales en los sistemas de producción extensivos; semi-intensivos y doble propósito, (Flores O., 1994) (Ibrahim M., 1998).

Se identificaron 51 especies arbóreas forrajeras en la región de Puriscal, Costa Rica, de las cuales 30 se utilizan para leña, 15 son ornamentales, 14 como cercas vivas, 12 para consumo humano, 11 tienen uso medicinal, 10 proporcionan sombra, 7 para reforestación, 6 para artesanía, 5 para protección de cultivos y 4 como alimento de aves y conejos (Araya, Benavides, & Arias, 1994).

En México, el trópico húmedo y subhúmedo cuentan con gran número de especies forrajeras nativas importantes, tales como *Guazuma ulmifolia*, *Enterolobium cyclocarpum* Jacq, *Brosimum alicastrum* Sw. Y otras del género *Leucaena* y *Acacia*, que actualmente están subutilizadas o se están perdiendo por la tala que realizan los productores para implementar actividades agrícolas. Ante esta situación, una opción para lograr un uso más sustentable del suelo en las áreas ganaderas del trópico, son los sistemas silvopastoriles, los cuales incluyen árboles forrajeros que contribuyen a la reforestación y restauración de áreas degradadas por las actividades ganaderas, (Gómez, 2006).

Palma y Flores en Colima encontraron que existen en los agostaderos una serie de especies de potencial forrajero, manejados en forma tradicional, aunque pobremente evaluados. La presencia de estas especies facilita el desarrollo de los sistemas silvopastoriles, agrosilvícolas o agrosilvopastoriles; entre las especies encontradas se pueden señalar los siguientes: capomo, Ramón o mojo *Brosimum alicastrum*, cuastecomate *Crecentia alata*, guácima *Guazuma ulmifolia*, parota *Enterolobium cyclocarpum*, asmol *Zizypus mexicana*, guamúchil *Pithecellobium dulce*, mezquite *Prosopis juliflora*, higuera *Ficus padifolia*, brasil *Haematoxylon brasileto*, panícula *Cochlospermum vitifolium*, palo dulce *Eysenhardtia polistachia*, huizache *Acacia farneciana*, espino blanco *Acacia acatlensis*. Además de ha registrado otras 25 especies arbóreas en el estado de Colima (Palma, 1997) y (Palma J.M, 2005)

En el caso de la región tropical en el centro del estado de Veracruz, la población rural también posee un conocimiento tradicional sobre especies leñosas locales como cocuite *Gliricidia sepium* Jacq. Walp, guácimo *Guazuma ulmifolia* Lam.,

huizache *Acacia farnesiana* L., guaje de indio *Leucaena lanceolata* Lam., Ramón o mojo *Brosimum alicastrum*, higueras *Ficus spp* y asmol *Ziziphus mexicana* Ros, que son generalmente utilizadas durante la época seca como suplemento para los animales en los sistemas ganaderos extensivos de la región.

2.6 Ventajas asociación árbol-pasto

Trabajos realizados para medir el ciclaje de nutrientes en pasturas de *Cynodon nlenfluensis* en monocultivo, y asociadas con especies de árboles leguminosos *Erithrina poeppigiana* y no leguminosos *Cordia alliodora*, mostraron que en los sistemas de pasturas en monocultivo no se presentó reciclaje de los nutrientes, mientras que en las pasturas asociadas con árboles hubo aportes de nitrógeno, fósforo y potasio al suelo mediante podas, siendo mayores en todos los nutrientes los aportes de la especie leguminosa, además de los incrementos en la producción de pasto que se presentaron en los sistemas asociados a árboles (1,3 y 3,5 veces más con árboles no leguminosos y leguminosos, respectivamente) versus los de pasturas en monocultivo (Bronstein, 1984)

El manejo y las condiciones medioambientales de los sistemas silvopastoriles ejercen una marcada influencia en la actividad y diversidad de los organismos del suelo. En estos sistemas, tienen gran importancia la disponibilidad de alimentos, la variabilidad en la composición de estos en términos de la riqueza florística y los demás factores edáficos y culturales. Esto demuestra que en los ambientes con mayor complejidad biológica se pueden crear condiciones que favorecen el mejoramiento de las características del suelo como resultado de la actividad de los organismos presentes. Sadeghian 1999 detectó una mayor actividad biológica en suelos de un bosque secundario comparado con cultivos vecinos de caña de azúcar. Dicha actividad presentó valores más bajos cuando la caña se sometió a la quema antes de la cosecha, (Alonso J. , 2009)

Cuando se manejan árboles-pastos mejorados, éstos propician la presencia de diferentes hábitats para las especies insectiles, ya que se crea un microclima que favorece su desarrollo; además, permite que se establezcan interacciones complejas que implican un mayor equilibrio entre fitófagos y biorreguladores, favoreciendo a estos últimos, así como a otros de tipo benéfico; entre ellos, se encuentran los polinizadores, coprófagos y descomponedores de la materia orgánica, que son los responsables de mantener la estabilidad biológica de estos sistemas, a nivel del pastizal (Alonso, O., & Lezcano, J. C., 2011)

Los árboles leguminosos poseen la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, (Clavero, 1998) aportar grandes cantidades de este elemento al ecosistema; producen altos volúmenes de biomasa forrajera durante todo el año y de forma estable.

Experimentos sobre el efecto de la sombra sobre pasturas de *Panicum maximum* (Guinea) destacan el efecto que ejerce la sombra sobre las pasturas para extraer N del suelo y por tanto enriquecer con proteína el forraje que los animales consumen durante el pastoreo. (Wilson & J.R, 1986) Encontraron una extracción de 107 kg de N bajo la sombra en comparación a los 52 kg/ha.

Las especies arbustivas contribuyen a la protección contra la erosión, mejoran la fertilidad del suelo (Norton. et al., 1991.) Los árboles cumplen con una función muy importante de protección del suelo, ya que disminuyen el efecto directo del sol, la lluvia y el viento, con sus raíces reducen la escorrentía superficial del agua de lluvia y permiten una mejor absorción del agua y los nutrientes. Además la hojarasca que producen es fuente de materia orgánica. (Fundación Produce Michoacán A.C, 2010)

La asociación de especies con diferentes hábitos de crecimiento como *Leucaena* con pasturas permiten el uso más eficiente del espacio, la luz, nutrientes del suelo, entre otros (Montagnini y Jordan, 2005).

Según la especie y las condiciones edáficas, los árboles pueden llegar a horizontes más profundos del suelo, absorber nutrientes y retornarlos a la superficie con la caída natural del follaje, ramas y frutos (Budowski, 1981)

A nivel del subsuelo el sistema radicular de las dos especies se desarrollan en diferentes zonas, reduciendo de esta forma el efecto de competencia por nutrimentos o agua. Por un lado, la arbustiva explora zonas más profundas tomando nutrimentos de donde la pastura no puede obtenerlos y depositándolos vía la hojarasca en la capa superficial del suelo poniéndolos al alcance de las pasturas. La presencia de arbustivas puede favorecer el incremento en la fertilidad del suelo, y por ende beneficiar el desarrollo del estrato herbáceo (Solorio, 2013)

En estudios, realizados dentro del marco del proyecto GEF-Silvopastoril en Esparza, en Costa Rica la escorrentía fue significativamente mayor en las pasturas degradadas (42%) comparados con los bancos forrajeros con leñosas perennes (3%), bosques secundarios jóvenes (6%) y las pasturas con alta densidad de árboles (12%). Esto significa que los usos de la tierra con alta cobertura arbórea bajo las condiciones donde se realizó el estudio son beneficiosos para la captura de agua (Ríos, 2006.) La implementación de bosques reparos en fincas ganaderas y la protección de las fuentes de agua del ganado condujeron a un mejoramiento en las condiciones biológicas, físicas y químicas del agua (Chará J., 2004)

Durante la época de heladas, la cobertura arbórea evita el quemado de las hojas de los pastos; este efecto y el anterior (humedad) son determinantes para que las pasturas situadas bajo los árboles, presenten durante el año, un ciclo de hoja verde más largo que matas de la misma especie expuestas a la intemperie. Esto se traduce directamente en una mayor calidad y a veces cantidad, de las primeras respecto de las últimas. (Agüero, 2009)

2.7 Ventajas relación árbol animal

Las especies arbustivas contribuyen a la protección contra la erosión, mejoran la fertilidad del suelo, favorecen el confort de los animales, aportan biomasa comestible, frutas, semillas, aceite y madera. Son fuentes de sustancias activas para la producción animal, incluyendo la llamada medicina alternativa; favorecen las lluvias, mejoran el paisaje, sus flores son materia prima para la producción agrícola, atenúan el efecto de los vientos, trabajan en secuestrar el CO₂ y en la recirculación de nutrientes. De singular importancia es su sombra, que no solo contribuye al bienestar de los animales, sino también a mejorar el valor nutritivo de algunas especies vegetales que se reproducen bajo ellas. Trabajos publicados por (Norton. et al., 1991.) y (Wilson J. R., 1991.), indican el efecto positivo de los arbustos y árboles en la producción y calidad nutritiva de esos pastos.

Los carbohidratos estructurales de la planta son los mayores contribuyentes a los requerimientos de energía del rumiante en dietas bajo pastoreo. Como resultado hay un considerable interés en optimizar la tasa y la cantidad de digestión de la fibra por la micro flora ruminal (Weime, 1998) La magnitud de estos procesos está mediatizada por la naturaleza de la pared celular vegetal, por las características de la población microbiana implicada en dichos procesos y por las condiciones del ambiente ruminal para favorecer o limitar estos procesos (Fondevilla, 1998), los cuales se mejoran cuando las características nutricionales de la dieta son balanceadas en términos de nutrientes. Así, el incremento del aporte proteico en la dieta, ya sea de proteína degradable en rumen o sobre pasante, a través de forrajeras arbustivas y arbóreas, es una alternativa para mejorar los parámetros digestivos en dietas basadas en gramíneas tropicales. (Norton. et al., 1991.) y (Norton B.W., 1994)

La sombra de árboles en pasturas está asociada a incrementos en la producción de leche y ganancia de peso entre el 13 y 28% (Souza de Abreu, 2002); (Restrepo, 2004); lo cual se atribuye a la reducción del estrés calórico e incrementos en el consumo voluntario de los animales (Souza de Abreu, 2002).

Estudios muestran que a partir de los 27°C empieza el estrés calórico, y que por encima de 29°C se afecta la tasa de concepción. El uso de sistemas con árboles tiene un gran efecto en ecosistemas tropicales, pues generan microclimas que mantienen a los animales dentro o cerca de su rango de termo neutralidad. Se han encontrado reducciones de temperatura bajo la copa de los árboles de 2-9°C (Wilson & Ludlow, 1991); (Reynolds, 1995) y (Navas, 2003).

Ruiz, Febles, Jordán y Castillo (1996), en estudios realizados en sistemas silvopastoriles con suficiente presencia de árboles y pastos mejorados, observaron que las malezas, aunque no perecieron totalmente en el sistema, mantuvieron una población baja, ya que no tienen la posibilidad de crecer lo suficiente y se expanden muy poco por el efecto de la competencia y el sombreado; dicho sistema se convierte en una forma eficiente de controlar estas gramíneas de bajo valor como alimento animal y que son poco consumidas por los bovinos, (Ruiz T.E. et al., 1996) y (Wencomo, 2005).

2.8 Árboles y arbustos forrajeros utilizados en el modelo

2.8.1 Guazuma ulmifolia Lam

Guazuma ulmifolia Lam, Originario de América tropical. Se extiende desde México hasta América del Sur (noreste de Argentina, Ecuador, Perú, Paraguay, Bolivia, Brasil) y en el Caribe. En Centroamérica prospera en altitudes de hasta 1,200 m, siendo más frecuente por debajo de los 500 m, en regiones con estación seca. (EMB Encyclopédie Méthodique, 2007).

El guácimo, es un árbol de la familia *Sterculiaceae*, de porte pequeño a mediano, que puede alcanzar hasta 15 m de altura, de copa redonda y extendida. Su tronco es torcido y ramificado, con hojas simples, alternas, ovaladas a lanceoladas, sus flores pequeñas y amarillas, se agrupan en panículas en la base de las hojas, sus frutos son cápsulas verrugosas y elípticas, negras cuando están maduras, con numerosas semillas pequeñas y duras. Crece bien en zonas cálidas con

temperaturas promedios de 24 °C, de 700 a 1500 mm de precipitación/año y desde el nivel del mar a los 1200 msnm. Se da en suelos de texturas livianas y pesadas, con buen drenaje, no pedregosos y pH superior a 5.5 (Silvoenergía, 1986.)

El guácimo puede propagarse de manera sexual (semillas) o asexual (material vegetativo). El método más probado es mediante semillas, se ha demostrado que es la mejor forma de propagación de este árbol (Villarruel, 2007),

Reproducción asexual. Estacas: Se utilizan pseudoestacas y se requiere de 5 a 8 meses para que éstas alcancen un diámetro de 1.5 a 2.5 cm en el cuello. Cortes de tallo y brotes o retoños: Tiene buena capacidad de rebrote y este atributo la convierte en una especie ideal para ser manejada en los potreros de las zonas secas. (EMB Encyclopédie Méthodique, 2007)

Es una especie demandante de luz, firme al viento, resistente al fuego, a la pudrición (madera) y sequía. Es tolerante a Inundación temporal, a la exposición constante al viento y a suelos someros. (EMB Encyclopédie Méthodique, 2007).

Sus hojas y frutos son palatables y comestibles para el ganado. Las hojas poseen cerca de un 17% de proteína bruta, con una digestibilidad *in vitro* de 40-60%. (Silvoenergía, 1986.).

2.8.2 Brosimum alicastrum Swartz

Brosimum alicastrum Ojite o Ramón. Árbol perennifolio o subperennifolio, de 20 a 30 m (hasta 45 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 50 a 90 cm y hasta 1.5 m. Copa piramidal, densa o abierta e irregular. Hojas alternas, simples, cortamente pecioladas; láminas de 4 a 18 cm de largo por 2 a 7.5 cm de ancho, ovado-lanceoladas a ovadas o elípticas, con el margen entero; verde brillantes en el haz, verde grisáceas en el envés. Tronco derecho, cilíndrico con contrafuertes grandes y bien formados, de 1.5 a 4 m de alto, 6 a 10 por tronco, redondeados a

ligeramente tubulares, aplanados. Ramas ascendentes y luego colgantes. (OFI-CATIE, 1991).

Corteza externa lisa, parda grisácea, con tonos amarillentos, lenticelas redondeadas o más largas que anchas. Interna de color crema amarillento, fibrosa a granulosa, con abundante exudado lechoso, ligeramente dulce y pegajoso. Grosor total: 7 a 12 mm. Flores unisexuales, solitarias y axilares, las masculinas están reunidas en amentos globosos, compuestos de escamas peltadas, carecen de corola. Las flores femeninas están en cabezuelas oblongas, ovales, con escamas más pequeñas. Flor estaminada amarilla, flor pistilada verde. (EMB Encyclopédie Méthodique, 2007)

Fruto(s). Drupa de 2 a 3 cm de diámetro, globosas con pericarpio carnoso, verde amarillento a anaranjado o rojo en completa madurez, de sabor y olor dulces, cubierta en la superficie de numerosas escamas blancas; conteniendo 2 a 3 semillas por fruto. Semillas de 9 a 13 mm de largo por 16 a 20 mm de ancho, esféricas y aplanadas en ambos extremos, cubiertas de una testa papirácea de color moreno claro, con los cotiledones montados uno sobre el otro, verdes, gruesos y feculentos. La semilla fresca tiene 45 a 55 % de humedad.

El sistema radical es fuerte. Algunas raíces son superficiales y el tronco por este motivo, está frecuentemente reforzado por contrafuertes. Sexualidad. Monoica. Su sexualidad cambia del estado femenino al masculino a partir de cierta etapa de su ciclo de vida.

Originaria de América tropical. Su extensión va desde el sur de México a través de Centroamérica hasta Colombia, Perú y Venezuela. En las Islas del Caribe, Cuba, Jamaica y Trinidad. Por el Golfo se le encuentra desde Tamaulipas y San Luis Potosí hasta Yucatán y Quintana Roo; por el Pacífico desde Sinaloa a Chiapas. Se le encuentra además en la Cuenca de Balsas en Michoacán y Morelos. Altitud: 50 a 800 m.

La Reproducción puede ser asexual. Estacas. Cuando se reproduce por estacas produce frutos en menos de cinco años. Se utilizan estacas de 1 a 3 m de alto y de 5 a 15 cm de diámetro y se siembran a una distancia de 1 a 3 m. o sexual por semilla en regeneración natural. Llegan a sobrevivir cinco de cada 125 plántulas Semilla (plántulas). A los cinco años produce frutos si el árbol procede de semilla se propaga habitualmente por semilla. (Berg, 1972).

Las semillas pre tratadas comienzan a germinar a los 8-10 días después de la siembra y termina 15 a 20 días más tarde. Se puede sembrar directamente en bolsas o en germinadores de arena desinfectada para luego replicar las plantitas cuando alcanzan de 5 a 8 cm de altura. Las plántulas pueden alcanzar de 11 a 17 cm al cabo de un mes de la germinación. Las plantitas necesitan de 4 a 5 meses en el vivero, hasta alcanzar de 20 a 25 cm de altura. (OFI-CATIE, 1991)

El Ramón es muy apreciado por ser un árbol forrajero. Se reporta que las hojas son altamente digestibles (> 60%) y contienen hasta el 13% de proteína. Este forraje se le da como alimento al ganado vacuno, caprino y porcino principalmente. También se le considera medicinal ya que el látex se usa diluido con agua para el asma y la bronquitis. Otro uso importante en la región es como árbol de sombra y ornato. La madera no ha sido aprovechada con fines domésticos o comerciales. (Morales E.R., 2009)

2.8.3 *Leucana leucocephala* Lam

Leucana leucocephala (Lam.), conocido comúnmente como Leucaena, Tantan, Güaje (en México), Huaxín (en la América Central), Zarcilla (Puerto Rico) y por otros muchos nombres, es uno de los árboles leguminosos más extensamente cultivados en el mundo. Este árbol semicaducifolio, adaptado a una gran variedad de sitios en tierras bajas en el trópico y el subtrópico, ha sido plantado en muchos

países fuera de su área de distribución natural en la América Central y el sur de la América del Norte. Ya que prospera en ambientes adversos. Se adapta muy bien a las tierras bajas, crece desde sitios secos con 350 mm/año hasta húmedos con 2,300 mm/año y temperatura media anual de 22 a 30 °C. Es tolerante un período 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 en suelos con pH de 6.5 a 7.5. Suelos inferiores a 5.5 pH no son recomendables.

Especie de rápido crecimiento, con longevidad de 50 años, muestra un incremento medio anual de 2.8 m en altura y 2.4 cm en diámetro, el crecimiento es lento en las primeras etapas de desarrollo de la planta y en sitios donde no hay estación seca bien definida y la precipitación es mayor a 2,500 mm.

Es un árbol o arbusto caducifolio o perennifolio, de 3 a 6 m (hasta 12 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de hasta 25 cm. Copa redondeada, ligeramente abierta y rala. Hojas alternas, bipinnadas, de 9 a 25 cm de largo, verde grisáceas y glabras; folíolos 11 a 24 pares, de 8 a 15 mm de largo, elípticos y algo oblicuos. Tronco usualmente torcido y se bifurca a diferentes alturas. Ramas cilíndricas ascendentes. Desarrolla muchas ramas finas cuando crece aislado. Corteza, externa lisa a ligeramente fisurada, gris negruzca, con abundantes lenticelas longitudinales protuberantes, internode color crema-amarillento, fibrosa, amarga, con olor a ajo. Grosor total: 3 a 4 mm. Es una especie de sexualidad hermafrodita con un número cromosómico: $2n = 56, 104$. La floración que tiene en Cabezuelas, con 100 a 180 flores blancas, de 1.2 a 2.5 cm de diámetro; flor de 4.1 a 5.3 mm de largo; pétalos libres; cáliz de 2.3 a 3.1 mm. Tiene vainas oblongas, estipitadas, en capítulos florales de 30 o más vainas, de 11 a 25 cm de largo por 1.2 a 2.3 cm de ancho, verdes cuando tiernas y cafés cuando maduras; conteniendo de 15 a 30 semillas las cuales son ligeramente elípticas de 0.5 a 1 cm de largo por 3 a 6 mm de ancho, aplanadas, color café brillante, dispuestas transversalmente en la vaina. La semilla está cubierta por una cera que retarda la absorción de agua durante la germinación. La raíz es profunda y extendida, con

una raíz primaria que 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, también tienen propiedades fisiológicas de asociación con nódulo fijadores de nitrógeno, Simbionte: Rhizobium y/o Bradyrhizobium. Que nodula espontáneamente con el rhizobium del lugar lo que le permite buena adaptación aún en sitios con factores limitantes (nutrición y disponibilidad de agua). Sus nódulos grandes y prolíficos se encuentran en las raicillas de las capas superficiales y aireadas del suelo. (Zárate, 1987)

Su propagación puede ser por reproducción sexual .con semilla La producción alta de semilla y el alto porcentaje de germinación, permiten utilizar esta técnica de siembra directa en el campo. Sugiriendo para su establecimiento la escarificación química o física. Reproducción asexual. Puede ser por Brotes o retoños (tocón), reportado que la propagación con estacas tiene una baja sobrevivencia y crecimiento lento, el cultivo de tejidos, la propagación in vitro aún no ha sido plenamente desarrollada, el inconveniente se ha presentado en la dificultad de la esterilización de los explantes. (Zárate, 1987).

2.9 Sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles (SSP) constituyen una modalidad de los sistemas agroforestales, donde se desarrollan, de forma conjunta, árboles y pasturas que son explotados para la producción animal y cuyo objetivo es incrementar la productividad en forma sostenible y obtener, además, otros beneficios (Mijail et al., 2005)

El potencial de los sistemas silvopastoriles para la producción animal es alto, si se tiene en cuenta que las leñosas perennes, como componentes fundamentales de los sistemas, pueden estar constituidas por árboles forrajeros de gran diversidad biológica. El mayor potencial se encuentra en las especies de la familia leguminosa; sin embargo, casi cualquier especie de árbol es potencialmente apta

dependiendo de las características ambientales y socioeconómicas locales, así como de las especies a asociar, del arreglo de componentes y de la función para la cual se incluye (Giraldo, 1996)

Para que un sistema ganadero sea considerado como silvopastoril no es un requisito que los árboles o arbustos cumplan un propósito forrajero. Las leñosas perennes pueden estar presentes cumpliendo otras funciones y aunque no constituyan un recurso alimenticio el sistema seguirá siendo silvopastoril. Esos otros beneficios pueden ser algunos de los siguientes. Incrementar la productividad del recurso suelo y el beneficio neto del sistema a largo plazo. Reducir el riego a través de la diversificación de productos y servicios del sistema, y atenuar los efectos detrimetales del estrés climático sobre plantas y animales. (Ocampo, 209)

La integración de árboles, pasturas y animales, en sistemas de producción, cuyo objetivo principal es desarrollar tecnologías que busquen compatibilizar la silvicultura y la ganadería en los sistemas de producción, orientadas a mejorar el nivel alimenticio y productivo de los animales, utilización racional de los recursos y mejorar el desempeño económico y ambiental de la ganadería. (Giraldo, 2005)

En Latinoamérica existen buenos ejemplos de SSP tradicionales como los potreros con árboles dispersos procedentes de la regeneración natural. En Centroamérica, los árboles dispersos en potreros muestran una riqueza y cobertura arbórea que varía entre 72 y 107 especies y 6.8 y 16.5%, respectivamente. (Ibrahim. M. y Harvey. C., 2003).

Entre las investigaciones orientadas al rescate del conocimiento tradicional de los recursos naturales y productivos que realizan los campesinos mexicanos, específicamente en el trópico destacan las de, (De la Cruz, 1993) y (Ayala S. A., 1999). Quienes han realizado estudios etnobotánicas sobre el Ojite *Brosimum alicastrum* para determinar sus principales usos. Benites(2002) recopiló información sobre 107 especies veracruzanas arbóreas con usos múltiples, aptas para restaurar, reforestar y establecer plantaciones, y Toledo (1995) cuyo estudio

de etnobotánica cuantitativa evalúa el conocimiento indígena sobre la flora tropical húmeda de México. Citado por (Villa-Herrera *et al.*, 2009).

Dentro de los agostaderos del trópico existe una gran diversidad de especies arbóreas, muchas de las cuales poseen excelentes características para ser utilizadas en la alimentación del ganado de esta zona, ya sea como forraje fibroso, alimento energético o fuente de proteína, principalmente durante los periodos de estrés nutricional como en la sequía, época en la cual los pastos y otros forrajes son escasos y de baja calidad nutricional (Palma, 2005)

En el caso de la región tropical en el centro del estado de Veracruz, la población rural también posee un conocimiento tradicional sobre especies leñosas locales como Cocuite (*Gliricidia sepium* Jacq. Walp), Guácimo (*Guazuma ulmifolia* Lam.), huizache (*Acacia farnesiana* L.), Guaje de Indio (*Leucaena lanceolata* Lam.), Ramón o Mojo Brosimun alicastrum, Higueras *Ficus spp* y Asmol (*Ziziphus mexicana* Rose), que son generalmente utilizadas durante la época seca como suplemento para los animales en los sistemas ganaderos extensivos de la región. Montangnini explica que la inclusión del aprovechamiento de las especies nativas en plantaciones mixtas se ha convertido en una forma útil para enriquecer ecosistemas alterados (Montangnini, 1992)

Los bancos de proteína en monocultivo y la asociación de leñosas con pasturas. En el primer sistema, la leñosas es establecida en altas densidades (20000 a 40000 plantas ha), manejadas bajo adecuadas frecuencias de poda. El sistema es utilizado bajo corte y acarreo o ramoneo regulado de 2 a 4 h por día. Las especies más utilizadas, dependiendo de las condiciones agro- ecológicas son *Gliricidia sepium*, *Cratylia argentea*, *Morus alba*, *Leucaena spp*, *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum*, *Trichanthera gigantea* y *Erythrina berteroana*. (Ibrahim, 2007).

La tecnología desarrollada para la utilización y explotación de *Leucaena leucocephala* en condiciones prácticas durante la década de los años 80 en Cuba (Ruiz, 1987) y (Ruiz. T.E. *et al.*, 1990), se basó en el concepto de bancos de

proteína. De la experiencia acumulada y el posterior desarrollo del conocimiento fue necesario plantear nuevas metas a partir del año 1991, que lograron la materialización, integración y profundización en los mecanismos de la relación suelo-planta-animal para aumentar la presencia de esta planta en el sistema (Ruiz et al., 1995).

Las cercas vivas o las cortinas rompe vientos reducen significativamente este efecto, sin importar las especies de árboles que las conforman. El diseño de los sistemas ganaderos con alternativas silvopastoriles para mejorar la disponibilidad y calidad de las dietas de los animales en las diferentes épocas del año debe tener en cuenta las condiciones ambientales del agro-ecosistema, para aprovechar ventajas de las especies arbóreas forrajeras, como su mayor resistencia a las épocas secas, la producción de forraje de buena calidad nutricional (proteína, vitaminas y algunos minerales) y la menor alteración de la calidad a lo largo del tiempo con relación a las pasturas. (Navas, 2003).

El uso de sistemas de ramoneo multiestrato favorece las relaciones positivas entre los componentes, con una mayor producción de biomasa comestible por área, mejor calidad nutricional de la pastura y mayor resistencia de ésta a las épocas secas, ya que los árboles ayudan a la conservación de agua en temporadas de lluvia y la liberan al suelo en las estaciones secas. Sistemas multiestrato para ramoneo con gramíneas como *C. nlenfluensis*, *C. plectostachyus* y variedades de *Panicum maximun* (Tanzania y Mombasa) en el primer estrato, asociadas a *Leucaena leucocephala* en el segundo estrato y árboles a diferentes densidades de siembra como *P. juliflora*, entre otros, han tenido gran éxito en ecosistemas de bosque seco tropical, donde los árboles, además de reducir el estrés calórico de los animales, fijar nitrógeno atmosférico y ayudar a la conservación de la fauna silvestre, aportan altas cantidades de frutos a la dieta de los animales, directamente en el potrero (Navas, 2007).

En el silvopastoreo intensivo el manejo implica un sistema de pastoreo rotacional que permita un periodo de recuperación de la leñosa y podas. La especie que ha

mostrado la mejor respuesta bajo este sistema en varios países de Latinoamérica y otros continentes es la *Leucaena spp* en donde también se recomienda siembras de *Leucaena leucocephala*, en sistemas multiestrato, se proponen densidades de siete hasta 20 mil plantas/ha., para intensificar los sistemas silvopastoriles (Ibrahim, 2007). En estudios posteriores la *Leucaena leucocephala*, bajo sombra presenta los mejores valores de tasa de crecimiento con 80 y 60 mil plantas/ha., y a la edad de 100 días, pero sin diferir significativamente de 60 mil plantas/ha., a los 85 días de edad, siendo el primero de ellos diferente al resto y en cuanto a la relación hoja/tallo, fue mayor con 40 y 60 mil plantas/ha., en las edades de 55, 70 y 85 días. (Anguiano, 2012).

En la *Leucaena* el primer pastoreo depende del establecimiento adecuado de la planta que mínimo es de un año, recomienda Manejar la planta a una altura de 120 cm para el pastoreo de bovinos (Ortega, 2003).

La presencia de *Leucaena* en el sistema influyó en la composición química de la guinea, al mejorar su calidad en ambos períodos climáticos. Con la evolución del silvopastoreo se alcanzó una estabilidad importante en las características bromatológicas de la guinea, las cuales se reflejaron de forma marcada con mayor tiempo de explotación del sistema. (Alonso, 2008).

Las especies *Guazuma ulmifolia* y *Brosimum alicastrum* son factibles de ser establecidas en terrenos con características ganaderas (potreros) y pendiente ligera (lomeríos), además de tener una alta supervivencia (98%) y adaptabilidad frente a condiciones adversas (sequía). (Solís, 2011).

La *Guazuma ulmifolia* es de fácil establecimiento en campo y tiene características forrajeras aceptables para asociarse con pastos tropicales en sistemas silvopastoriles; los cuales pueden ser productivos a lo largo de todo el año bajo pastoreo intensivo de bovinos y ovinos, tanto en pastoreo simple como simultáneo. También encontró que tal como sucede en asociaciones naturales en climas cálidos en el estado de Veracruz *Guazuma ulmifolia* es capaz de asociarse tropicales sin embargo, la asociación con *Digitaria decumbens* fueron los que

presentaron la mayor producción en biomasa seguido de la asociación *Guazuma ulmifolia* y *Panicum maximum* (Manríquez, 2010).

En sus trabajos Giraldo hace referencia a las propiedades forrajeras de las hojas de los árboles de *guácimo* y *leucaena* presentando la Composición química de estos (cuadro 1)(Giraldo, 2005).

Cuadro 1. Propiedades nutricionales de las hojas de los árboles de guácimo y Leucaena

Variable	Leucaena hoja	Guácimo hoja
Proteína Cruda (%) hoja	25.0	14.7
FDN (%)	47.8	49.5
FDA (%)	28.5	31.4

Ayala (1995), dice que pesar de que el *Brosimum alicastrum* es un árbol de bosque húmedo, presenta buena adaptación a las condiciones del trópico seco, que su buena respuesta al corte y la sostenibilidad de su producción a través del año, pueden estar relacionadas con la capacidad de su raíz de profundizar, permitiéndole hacer un mejor aprovechamiento de la humedad almacenada en el subsuelo, concluyendo que el mejor comportamiento de Ramón se aprecia durante la época seca. Meiners 2009 hace referencia a que es un componente importante de las selvas, pero también es muy tolerante a la sequía y puede prosperar en micro sitios húmedos dentro de regiones con poca humedad, por ejemplo, en cañones sombreados en las regiones áridas de Sonora. Por sus características de adaptabilidad está presente en 18 estados de México, desde Sonora hasta Chiapas, en la vertiente del Pacífico, y desde Tamaulipas hasta Yucatán en el Golfo de México, así como en la región del Caribe en Quintana Roo (Meiners, 2009)

Ayala (1995), sugiere el mejoramiento de *Brosimum alicastrum* a través del intercalado de cultivos nodriza, durante el establecimiento de la plantación, considerando la tolerancia que tiene al sombreado; en el manejo diferencial entre líneas de plantas en cuanto a la altura de las podas, favoreciendo la producción por estratos y la disminución de la densidad en el tiempo por eliminación de las plantas menos desarrolladas, con el objetivo de incrementar la productividad por planta, de igual forma hace referencia al buen consumo y la digestibilidad de Ramón *Brosimum alicastrum* se reflejan en las ganancias de peso de los animales suplementados con su forraje. En donde novillos alimentados con pulpa ensilada de henequén mejoraron su ganancia diaria de peso, pasando de 99 a 282 g, al ser suplementados con 3.6 kg, MS de forraje de Ramón por día (Ayala, 1995).

Los mayas reconocieron el valor preciso de las plantas como el Ramón, apreciaron que su semilla es mucho más nutritiva, y que sus cosechas son más productivas y resistentes a sequías o inundaciones que el maíz y otros cultivos anuales. Por ello, en las comunidades donde está presente el Ramón, los adultos mayores hablan de cómo su semilla los salvó de alguna hambruna por algún desastre natural o el ataque de plagas al maíz en décadas atrás (Meiners, 2009).

Martínez (2010), hace referencia de las propiedades forrajeras de las hojas del árbol de Ojite o Ramón presentando la composición química forraje. (cuadro2)

Cuadro 2. Propiedades nutricionales de las hojas de Ojite o Ramón

Variables	Porcentaje
Materia seca	40.3
Materia orgánica	90.2
Proteína Cruda	15.5
Fibra detergente neutra	35.8
Fibra detergente acida	25.1
Hemicelulosa	10.7
Celulosa	23.5
Lignina	1.6

Fuente: (Martínez, 2010)

La combinación de especies leguminosas y no leguminosas, en la suplementación de rumiantes en el trópico, deberá continuarse evaluando en programas estratégicos de alimentación, tratando de aprovechar el potencial de las no leguminosas para proveer nutrientes a los microorganismos ruminales y el de las leguminosas, principalmente las que presentan elevados niveles de taninos, como fuentes potenciales de nutrientes sobre pasantes. (Montero, 2011).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización del área de estudio

La producción de las plantas arbóreas Guácima y Ojite o Ramón del proyecto, se realizó en el vivero en el Instituto Tecnológico de Altamira; ubicado en la carretera Tampico-Mante, km 24.5, Altamira, Tamaulipas. México. Localizado en las coordenadas 22° 25' 32.1" Latitud, N y 97° 56' 41.3" Longitud, O, del meridiano de Greenwich, a una altura de 26 msnm (ITA-Conagua., 2012)

El trabajo experimental del establecimiento del modelo silvopastoril multiestrato, se realizó en el rancho "El Cien", del municipio de Tampico Alto Veracruz, localizándose específicamente en la carretera la brecha Huasteca en el kilómetro 100, teniendo una ubicación en las coordenadas geográficas. Latitud 22°4'39.55"N Longitud 97°46'39.86"O; con una altura de 12 msnm. Bajo condiciones de temporal, en un suelo de tipo franco-arenoso, El área experimental ocupó una superficie de una hectárea y se realizó de febrero de 2013 a febrero de 2014.

3.2 Producción de plantas en el vivero

En el caso de las especies *Guazuma ulmifolia* y *Brosimum alicastrum*, se realizó la colecta de frutos en terrenos colindantes del lugar donde se efectúan los trabajos experimentales; cortándose los frutos directamente de los árboles. Debido que se conoce que estas especies presentan un crecimiento lento y por sus características de ser muy suculentas en sus primeras etapas de desarrollo, para diversas especies silvestres, fue necesario producir las plantas en vivero, para posteriormente realizar el trasplante de estas especies, al sitio experimental ya que presenten un desarrollo superior a los 20 cm.

Guazuma ulmifolia siguiendo las recomendaciones de (Manríquez, 2010) los frutos maduros una vez recolectados en campo, se partieron con navaja y se procedió a extraer las semillas ayudándose con un clavo, cuya punta se achato con lima para que tenga punta roma, se retiraron todos los residuos de fruta, se procedió a la escarificación, remojando la semilla a 80 °C por cinco minutos lavándose con agua corriente hasta retirar el mucílago, ayudado por un cedazo de tela mosquitera y dejarse secar en la sombra. Se procedió a la siembra en charolas de 200 cavidades colocando dos semillas por cavidad, posteriormente a los ocho días se obtuvo la germinación y dos semanas después se trasplantaron a bolsas negras de polietileno, utilizando como sustrato una preparación de 50% de tierra, 25% de estiércol de caballo y 25% de aserrín, para continuar sus cuidados bajo condiciones de vivero, se realizaron riegos cada 24 horas durante los primeros diez días y posteriormente cada tercer día hasta alcanzar el tamaño mayor a 20 cm. además de que existan las condiciones de temperatura y humedad para trasplante en campo. (Manríquez, 2010) .



Figura1. Producción de plantas en el vivero *Guazuma ulmifolia*

La semilla de *Brosimum alicastrum* se obtuvo de la siguiente manera, los frutos se remojaron en agua, cuando estuvieron completamente blandos se inició el procedimiento de maceración, el cual se realiza frotando los frutos con una malla metálica permitiendo el desprendimiento de todo el material que se encuentra

cubriendo a la semilla, con este procedimiento se evita dañar las semillas que posteriormente se limpiaron, enjuagaron con agua limpia y corriente. Después las semillas que conservaron su testa papirácea, se ponen a secar, en un sitio con sombra y perfectamente ventilado, se extendieron sobre papel periódico; este secado se realizó durante cinco o seis horas por dos días, a término de este proceso de beneficio, las semillas quedaron listas para ser sembradas (Ortiz, 2009) en este proyecto se sembraron en bolsas plásticas de 4 x 9 cm. colocando una semilla, utilizando como sustrato una preparación de 50 % de tierra, 25 de estiércol caballo y 25 de aserrín, posteriormente una vez que se obtuvo la germinación y que las plantas alcanzaron una altura mayor a los cinco cm, se trasplantaron a bolsas plásticas más grandes 20x30 cm. en donde se continuó el cuidado en sombra bajo condiciones de vivero, regándose cada tercer día hasta que se alcanzó el tamaño superior de 20 cm para trasplantarse en campo.



Figura 2. Producción de plantas en el vivero *Brosimum alicastrum*

3.3 Preparación de terreno y siembra

Las labores culturales se realizaron a partir del mes de mayo, en forma convencional primeramente se efectuó una limpia de terreno con chapoleadora

mecánica y tractor, posteriormente se realizó un barbecho y dos pasos de rastra cruzada, se dejó un periodo de 15 días entre el barbecho y los rastreos, el último paso de rastra se efectuó antes de surcar, lo cual se hizo con una reja grande, a una distancia de 80 cm entre surcos. (Ortega, 2003) y (Silva, 2012). Continuado los trabajos se delimitó el área de estudio instalando un cerco eléctrico para prevenir la invasión por ganado, que pueda provocar alteración de las evaluaciones.



Figura 3. Preparación de terreno

3.4 Muestreo de suelo

Con la finalidad de conocer las características físicas y químicas del terreno en donde se establece el trabajo experimental, se realizaron tomas de muestras de suelo a 25 cm de profundidad que se mezclaron, para formar una sola muestra compuesta, de donde se tomó una sub muestra para determinar su composición física y química en Laboratorio de Suelos del Instituto Tecnológico de Altamira.



Figura 4. Muestreo de suelo

El trazo específico de los lotes se realizó, utilizando un cable y estacas con el método 3, 4, 5 basado en el Teorema de Pitágoras (Barreto, 2011)

El terreno ocupa una superficie de 7200 m², en donde se realizó el establecimiento de cinco tratamientos con tres repeticiones de 20 x 20 m, con un arreglo de bloques al azar.

Los tratamientos a evaluar fueron los siguientes.

Pasto Pangola (*Digitaria decumbens*)

Pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) pasto Tanzania (*Panicum maximum*)

Pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) pasto Tanzania (*Panicum maximum*)

Árbol porte bajo *Leucaena leucocephala*

Pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) pasto Tanzania (*Panicum maximum*)

Árbol porte bajo *Leucaena leucocephala* Árbol porte medio

Guácima *Guazuma ulmifolia*

Pasto Pangola (*Digitaria decumbens*) pasto Tanzania (*Panicum maximum*)

Árbol porte bajo *Leucaena leucocephala* Árbol de porte alto Ojite o Ramón *Brosimum alicastrum*

3.5 Establecimiento o siembra

El pasto pangola *Digitaria decumbens* se encuentra establecido en el terreno, razón por la cual se considera como testigo, además de ser un pasto que es usado ampliamente por los ganaderos del norte de Veracruz, gracias a que presenta buena producción y calidad nutricional (Juárez, 2005), en el presente trabajo se realizaron las siembras, sobre este pasto considerándose como el estrato vegetal de porte más bajo, asociándose con las demás especies, en busca de una asociación, que incremente la cubierta vegetal mejorando el entorno ecológico.

Tanto el *pasto Panicum maximum* como la *Leucaena leucocephala* se establece la siembra directa con semilla, para lo cual se realizara una supresión de pasto utilizando el herbicida ácido de glifosato a una dosis de 370 ml/ha, esta labor se realizó con un bastón de 30 cm. de ancho

Para la siembra del pasto *Panicum maximum* variedad Tanzania se utilizaron 4 kg/ha de semilla certificada tratada con insecticida y fungicida; la siembra se realizó de forma manual sobre el terreno ya surcado a 80 cm, colocándose la semilla a chorrillo para ser tapada ligeramente con el pie no mayor a 2 cm.

Las semilla de *Leucaena* se desinfecto superficialmente con solución de formol durante 30 min, posteriormente fue lavada cuatro veces con agua destilada estéril y después se escarificaron utilizando el siguiente método; dejar que el agua llegue al punto de ebullición se apaga el fuego y se dejan las semillas en una bolsa de tela aproximadamente cinco minutos a que la temperatura del agua permita su manejo, posteriormente se dejó secar, la siembra se realiza manualmente a chorrillo tapándose con el pie.



Figura 5. Siembra pasto *Panicum maximum* y *Leucaena leucocephala*

3.6 Arreglo espacial

Arreglo espacial en campo consta de 18 parcelas experimentales de 20 x 20 m. Teniendo los cinco modelos siguientes con tres repeticiones cada uno.

M1. *Digitaria decumbens* que se utiliza como testigo.

M2. Asociación *Digitaria decumbens* con *Panicum maximum* siembra surcado a 80 cm. Utilizando una dosis de 4 kg/ha

M3. Asociación *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum* y *Leucaena Leucocephala* sembrada por semilla, en surcos a 2.50 m. a una dosis de 6kg/ha

M4. Asociación *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum* y *Leucaena Leucocephala* y *Guazuma ulmifolia* sembrada a cada 3 m. sobre el surco de *Leucaena*, para lo cual se utilizaron plantas mayores a 30 cm. de altura.

M5. Asociación *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Leucaena eucocephala*
Brosimum alicastrum sembrada cada 3 metros sobre el surco de
leucaena, para lo cual se utilizaron plantas mayores de 30 cm. de altura.

Cuadro 3. Distribución de tratamientos en campo

M2 R1 PT	M3 R1 PTL	M4 R1 PTLG	M5 R1 PTLO	M1 R1 P
M1 R2 P	M5 R2 PTLO	M2 R2 PT	M3 R2 PTL	M4 R2 PTLG
M3 R3 PTL	M1 R3 P	M5 R3 PTLO	M4 R3 PTLG	M2 R3 PT

P=Pangola, T= Tanzania, L=Leucaena, G= Guácima, O=Ojite o Ramón



Figura 6. Modelo 1 Pasto Digitaria decumbens testigo



Figura 7. Modelo 2 Asociación Digitaria decumbens, Panicum maximum



Figura 8. En campo los pastos Digitaria decumbens, Panicum maximum

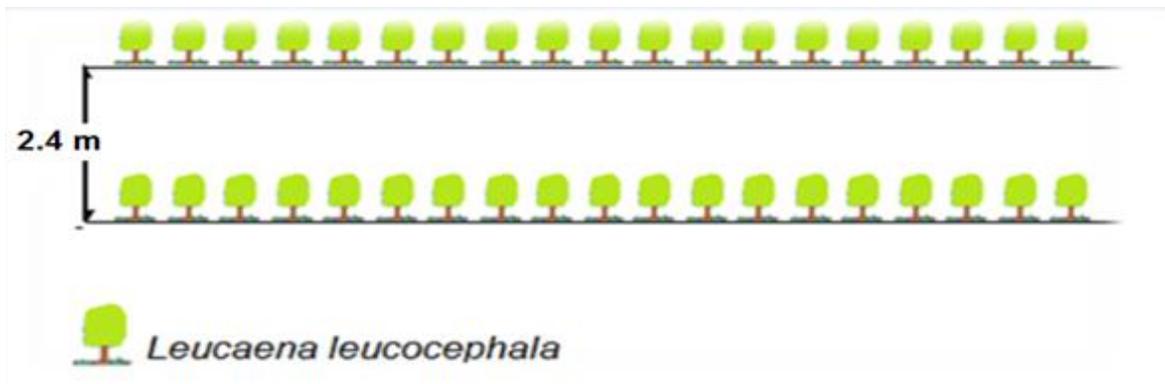


Figura 9. Modelo 3 Asociación Digitaria decumbens, Panicum maximum y Leucaena leucocephala

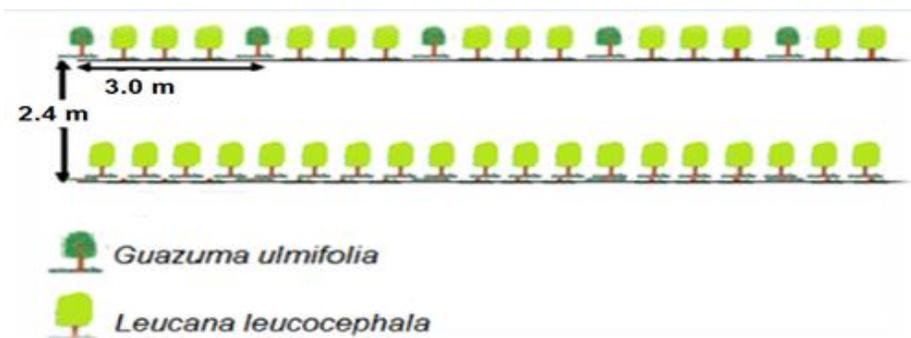


Figura 10. Modelo 4 Asociación Digitaria decumbens, Panicum maximum, Leucaena leucocephala y Guazuma ulmifolia

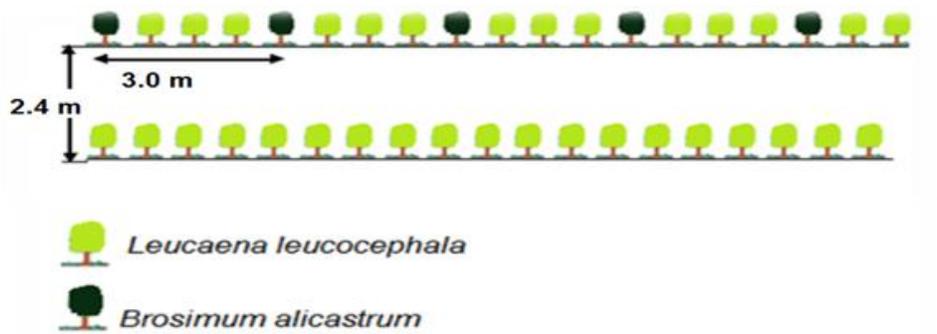


Figura 11. Modelo 5 Asociación *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum*
Leucaena leucocephala y *Brosimum alicastrum*



Figura 12. Pastos y arbóreas en los modelos establecidos en campo

3.7 Composición botánica

La composición botánica de una pradera se estima realizando mediciones de los siguientes factores: número o densidad de plantas, cobertura de especies, y pesaje de las especies presentes. El pesaje de las especies que conforman la vegetación es una medida muy objetiva para determinar la composición botánica de la pradera (Toledo y Schutze-Kraft, 1982). En este caso únicamente se estimó la cobertura vegetal, la altura de las plantas y el número de plantas



Figura 13. Marco cuadrículado con el cordel donde se obtuvo el porcentaje de cobertura

3.7.1 Cobertura vegetal

Para este caso se utilizó el marco de PVC de dos metros cuadrados cuadrículado, se estimara según la porción aparente en el pasto que cubra en cada área de la retícula de (0.2 X 0.2 m.) sus valores se anotaron en un cuaderno previamente cuadrículado, que represente el marco cuadrículado con el cordel. Posteriormente en oficina, se sumaron estos valores por parcela y se dividieron entre tres para mantener el valor del porcentaje este deberá redondearse a la cifra más próxima. (Toledo y Schutlze-Kraft, 1982) Y (Bolfor, 2000).

3.7.2 Altura de planta

La altura se midió desde el suelo hasta el punto más alto de la planta sin estirarse y sin contar inflorescencias, si su crecimiento es regular se miden cinco plantas y se obtiene promedio si existen dos especies de plantas se realiza por separado. (Toledo y Schutlze-Kraft, 1982)



Figura 14. Medición altura de planta

3.7.3 Número de plantas

Utilizando dos metros cuadrados se realizó el conteo de plantas cada cuatro semanas, para tomar datos se coloca el marco sobre las hileras centrales de dos metros cuadrados y se procede a realizar el conteo de plántulas o plantas comprendidas dentro del recuadro se hacen en las hileras centrales cuando la población sea razonablemente uniforme. En caso contrario el conteo se realiza en todo el metro cuadrado de acuerdo con el criterio del investigador. (Toledo y Schutlze-Kraft, 1982)

3.8 Muestreos

Los muestreos se realizaron en un periodo de evaluación de 224 días que duro el establecimiento, teniendo un intervalo de cuatro semanas (cada 28 días), para obtener un total de ocho muestreos, las evaluaciones se realizaron en cada uno

de los cinco modelos, con tres repeticiones por modelo y a su vez con tres sub muestreos en cada repetición. En la estimación se realizaron mediciones de los siguientes factores: cobertura de especies, número o densidad de plantas y altura de las plantas, para posteriormente realizar un análisis estadístico.

3.9 Análisis estadístico

3.9.1 Comportamiento de la cobertura vegetal

Para observar el comportamiento de la dinámica de la cobertura vegetal en los modelos durante el periodo de 224 días, se construyó una gráfica en base a los promedios en los ocho muestreos realizados en los cinco modelos.

Con los datos obtenidos de cobertura vegetal se procedió al análisis estadístico considerando el diseño experimental en bloques aleatorizados completos con arreglo en parcelas sub divididas procediéndose a realizar un análisis múltiple de medias de tukey, con el programa SPSS.

3.9.2 Comportamiento de la altura

Para observar el comportamiento de la dinámica de la altura de las plantas para los modelos durante el periodo de 224 días se construyó la gráfica en base a los promedios en los ocho muestreos realizándose únicamente en cuatro modelos (M2, M3, M4, M5) y se evaluó la comparativa de la gramínea, Tanzania y la arbórea leucaena en tres modelos (M3, M4, M5)

Con los datos obtenidos de altura se procedió al análisis estadístico considerando el diseño experimental en bloques aleatorizados completos con arreglo en parcelas sub divididas procediéndose a realizar un análisis múltiple de medias de tukey, con el programa SPS en donde se plantea que al menos un tratamiento presenta diferencias

3.9.3 Comportamiento del número de plantas

Para observar el comportamiento de la dinámica del número de plantas para los modelos durante el periodo de 224 días, se construyó una gráfica en base a los promedios en los ocho muestreos realizándose únicamente en cuatro modelos (M2, M3, M4, M5) y se evaluó la comparativa de la gramínea Tanzania y la arbórea Leucaena en tres modelos (M3, M4, M5).

Con los datos obtenidos de número de plantas se procedió al análisis estadístico considerando el diseño experimental en bloques aleatorizados completos con arreglo en parcelas sub divididas procediéndose a realizar un análisis múltiple de medias por tukey, con el programa SPSS en donde se plantea que al menos un tratamiento presenta diferencias.

4. RESULTADOS y DISCUSIÓN

4.1 El comportamiento de la cobertura vegetal

Los resultados del análisis de la varianza para la variable cobertura vegetal, medido a los 224 días (muestra 8. cuadro 4), considerando el diseño experimental en bloques aleatorizados completos con arreglo en parcelas sub divididas se encontró diferencia significativa para modelos y repeticiones ($p < 0.001$) ubicados en parcela grande. No encontrándose significancia para sub muestreos e interacción, modelo x sub muestreo ubicadas en parcela chica. Lo cual indica que al menos un modelo presenta diferente cobertura vegetal a los demás. En cambio en los sub muestreos presentan resultados iguales, por lo tanto podemos decir que el error de sub muestreo es muy alto; de igual forma no se encontró diferencias significativa en la interacción modelo con sub muestreo, lo cual indica que son independientes el sub muestreo y los modelos.

Cuadro 4. Análisis de la varianza de cobertura vegetal para modelos en la última fecha de muestreo.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F _{cal.}	p
Repeticiones	2	1012.13	506.06	9.75	0.001
Modelos	4	6178.31	1544.57	29.76	0.000
Error (a)	8	694.75	86.84	1.67	0.167
Sub muestreo	2	241.20	120.60	2.32	0.124
Modelo*Submuestreo	8	711.02	88.87	1.71	0.157
Error (b)	20	1037.77	51.88		
Total	44	9875.20			

Al realizar las comparaciones múltiple de medias por la técnica de tukey, cuadro 5 se observa que el único modelo que presenta diferencia significativa es el modelo

1 (M1) en donde se encontraba únicamente *Digitaria decumbens* como testigo fue el que presento la menor cobertura vegetal a los 224 días con un valor de 49.11 respectivamente. Así mismo que los modelos que tuvieron casi los porcentajes medios fueron 5, 3, y 2 de acuerdo a esta variable se puede decir que el modelo cuatro supero todas las condiciones, valores en porcentaje de cobertura vegetal respectivamente.

Cuadro 5. Comparación múltiple de medias de tukey de cobertura vegetal para modelos

Modelos		N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey ^{a,b}	1	9	49.11	
	5	9	74.33	
	3	9	75.55	
	2	9	77.11	
	4	9	82.88	
Muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 51,889. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9,000 A = 0.05				

De los resultados del análisis de la varianza para la variable cobertura vegetal, medido durante 224 días con ocho muestreos (cuadro 6), considerando el diseño experimental en bloques aleatorizados completos con arreglo en parcelas divididas, ubicando fechas de muestreo en parcelas grandes y modelos en parcela chica. Se encontró significancia para fechas ($p < 0.0001$) en donde la cobertura presento cambios a lo largo de las fechas de muestreo como también se observa en la (Figura 15) Se encontró significancia ($p < 0.0001$) para el modelo silvopastoril ubicado en parcela chica, lo que indica que al menos uno de los

modelos presenta diferente cobertura a lo largo de los 8 muestreos. No se encontró significancia ($p < 0.618$) en la interacción fecha x modelo lo cual indica que a lo largo de las 8 fechas los cambios de cobertura son constantes e independientes.

Cuadro 6. Análisis de la varianza de cobertura vegetal para Fechas y Modelos.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F Cal.	p
Repetición	2	621.830	310.9	3.08	.05
Fecha	7	45865.74	6552.24	64.94	.00
Error (a)	14	570.00	40.75	.40	.96
Modelo	4	17127.03	4281.75	42.43	.00
Fecha x Modelo	28	2527.93	90.28	.89	.61
Error (b)	64	6457.12	100.89		
Total	119	73170.23			

Al realizar las comparaciones múltiple de medias por la técnica de tukey, (Cuadro 7), se observan tres grupos significativos el modelo 1 (M1) en donde se encontraba únicamente *Digitaria decumbens* con una media de 37.15 % el segundo grupo conformado por los modelos 5, 3 y 4 tuvieron porcentajes similares y finalmente el último con el modelo 2 superior y diferente a los demás modelos que presento diferencia estadística significativa respectivamente.

Cuadro 7. Comparación múltiple de medias de tukey de cobertura vegetal para modelos.

	MODELO	N	Subconjunto		
			1	2	3
DHS de Tukey ^{a,b}	1	24	37.15		
	5	24		57.81	
	3	24		62,29	
	4	24		64.44	
	2	24			72.94
Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas de las ocho fechas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 100,893. a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 24 b. $\alpha = 0.05$					

En el muestreo, se observa en la Figura 15 que el modelo 2 (Pangola + Tanzania) fue el que presenta mayor cobertura vegetal, seguido de los modelos 3, 4, 5 quedando al final el modelo 1(Pangola), en el muestreo II a los días 224, se observa un desarrollo ascendente en cuanto a cobertura vegetal en todos los modelos destacándose el 2 como el de mayor cobertura manteniendo esta misma dinámica por los demás en el siguiente orden: 3, 4, 5 hasta el modelo 1, que presenta el valor más bajo. En el muestro III se pudo observar un crecimiento en todos los modelos destacándose el modelo 2 como el mayor seguido del 3 en este caso los modelos 4 y 5 mantienen el mismo valor de cobertura y nuevamente el modelo 1, es el más bajo. En el muestreo IV el modelo 2 es el que muestra mayor cobertura, en este caso por primera vez el modelo 4 es ligeramente mayor que el 3 seguido del 5 quedando el 1 al final. En el muestreo V se observa que el modelo 2 es el que logra el mayor crecimiento llegando a su punto más alto, seguido del modelo 4 separándose del 3 y 5 que en ese momento es mínima su diferencia y finalmente el modelo 1; en el muestreo VI se puede observar que el modelo 2 aunque tiene un descenso logra mantenerse como el de mayor cobertura ligeramente encima del 4 seguido por 3 y 5 que nuevamente presentan valores

muy similares y finalmente el modelo 1 sigue en descenso. En el muestreo VII por primera vez el modelo 4 rebasa ligeramente al modelo 2, seguido del 3 que muestra una ligera separación frente al 5 nuevamente el 1 queda al final. En el VIII muestro y último para este estudio se observa que el de mayor valor es el modelo 4 y el modelo 2, 3 y 5 con muy pocas diferencias en cuanto al porcentaje de cobertura y finalmente queda modelo 1 Pangola (*Digitaria decumbens*) que se utilizó como testigo. De forma global se puede decir que el modelo 2 supero los porcentajes de cobertura hasta el muestreo VI y los dos últimos muestreos los tuvo el modelo 4 superándolos a los demás modelos.

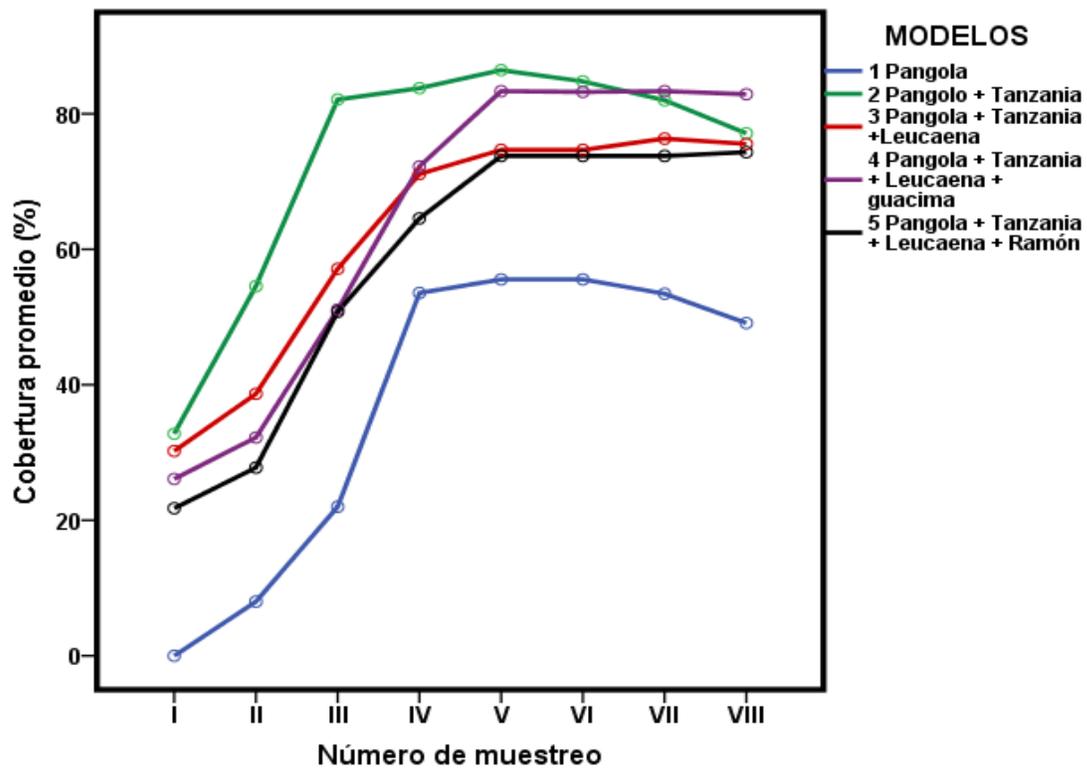


Figura 15. Comportamiento de la dinámica de la cobertura vegetal promedio para los modelos durante el periodo de estudio.

Como se observa en el cuadro 4 por el análisis múltiple de medias, medida por los 224 días que dura las pruebas el modelo 2, que es el que está compuesto por la asociación Pangola y Tanzania fue superior a los demás modelos, esto se explica ya que las gramíneas tienen una mayor velocidad de crecimiento que algunas leguminosas y moráceas arbóreas, pero si se observa las gráficas donde las medias para cobertura muestran que el tratamiento 4 fue superior aun que el modelo 2 esto indica que cuando las gramíneas están listas a los seis meses para ser utilizadas, en un modelo silvopastoril que incluye arbóreas su establecimiento es un poco más lento y lo podemos observar que hasta los 224 días en donde el modelo 4 que incluye aparte de pangola y Tanzania las arbóreas Leucaena y Guácima tiene más cobertura de los demás, esto dice que cuando un potrero se establece únicamente por gramíneas a los seis meses está apto para ser pastoreado pero cuando se incluyen especies arbóreas en un sistema silvopastoril es necesario esperar al menos ocho meses para tener una cobertura deseada y encontrar un equilibrio entre sus especies se puede observar que el modelo cuatro mostro la mayor cobertura en sistema silvopastoril, de forma ascendente durante la etapa de evaluación a pesar de realizarlos muestreos 7 y 8 en época de invierno . Coincidiendo con las recomendaciones de pastorearse las arbustivas una vez que alcancen una altura de 1.5 m como se ha indicado que puede ser necesario hasta un año. (INIFAP Ortega Reyes, 2003) (Solorio, 2013).

En la figura 16 se observa que el modelo 1 (M1) en donde se encontraba únicamente *Digitaria decumbens* fue el que presentaba la menor cobertura vegetal a los 224 días con un valor promedio de 49.11. El resto de los modelos 2, 3 y 5 en promedios de cobertura fueron muy poca su variación como 77.11, 75.56 y 74.33 respectivamente. Para el modelo 4 que fue y supero los porcentajes de cobertura vegetal con 82.89 %. Esto se puede entender debido a que el desarrollo de las plantas arbóreas, empiezan a manifestar mayormente su capacidad de aportar buena cobertura vegetal, en especial la guácima concordando con los trabajos de (Manríquez, 2010) en donde confirma lo expresado por Nahed 2008 sobre la ventaja de utilizar plantas nativas con producción de forraje en épocas críticas.

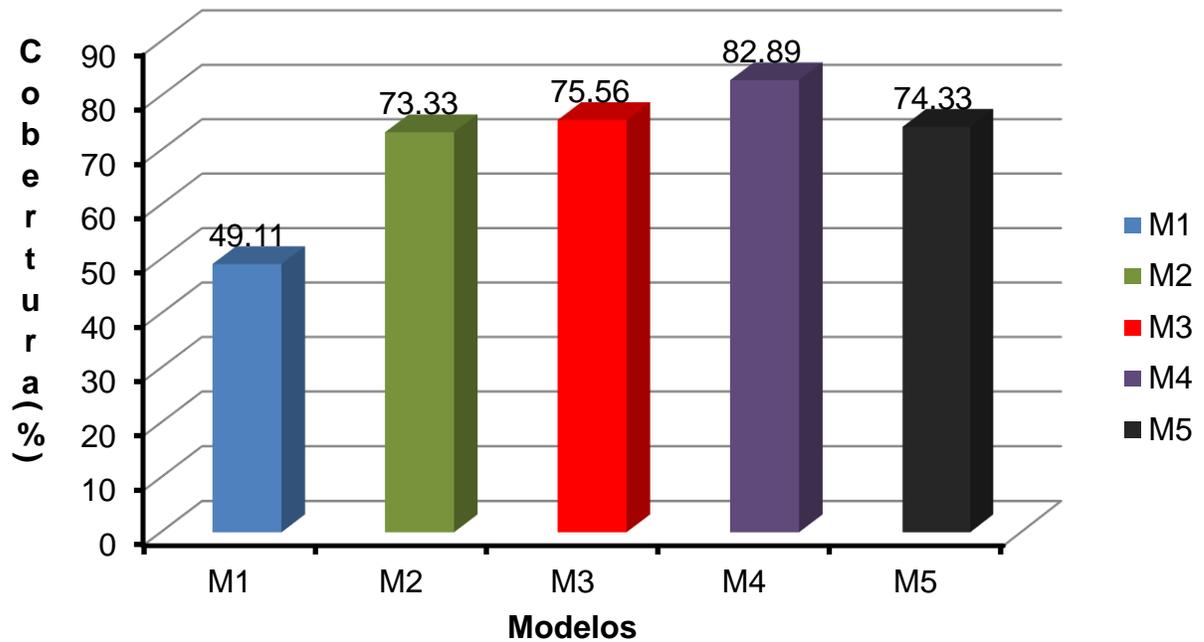


Figura 16. Cobertura vegetal promedio de los 5 modelos.

4.2 Comportamiento de la altura

De los resultados del análisis de la varianza para la variable altura pasto Tanzania, medido a los 224 días (muestreo 8), cuadro 8, considerando el diseño experimental en bloques aleatorizados completos con arreglo en parcelas sub divididas se encontró que hay significancia para bloques y modelos ($p < 0.05$) ubicados en parcela grande, no encontrándose significancia para submuestreo e interacción tratamiento x submuestreo, ubicadas en parcela chica. Lo cual indica que al menos un modelo presenta diferencia en cuanto a la altura del pasto Tanzania.

Cuadro 8. Análisis de la varianza de altura del plasto Tanzania para Modelos con Submuestreo en la última fecha

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medio	F _{cal.}	p
Bloque	2	2710.389	1355.194	3.394	.059
Modelo	3	3682.333	1227.444	3.074	.048
Error (a)	6	3621.833	603.639	1.512	.237
Submuestreo	2	630.389	315.194	.789	.471
Modelo*Submuestreo	6	2235.167	372.528	.933	.498
Error (b)	16	6387.778	399.236		
Total	35	19267.889			

Al realizar las comparaciones múltiple de medias por la técnica de tukey, Cuadro 9 se observa tres grupos significativos el modelo 5 (M5) en donde se encontraba la Asociación *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum*, *Leucaena eucocephala* *Brosimum alicastrum* presenta una media de 120.88

Como se observa en el Cuadro 9 por el análisis múltiple de medias, medida por los 224 días que dura las pruebas el modelo 2, que es el que está compuesto por la asociación pangola y Tanzania fue superior a los demás modelos, esto se explica ya que las gramíneas solas tienen una mayor velocidad de crecimiento que al estar acompañadas por algunas leguminosas y moráceas arbóreas, presentan cierta competencia por agua, nutrientes, luz pero si observamos las gráficas donde encontramos las medias marginales podemos ver que en etapas más avanzadas las arbóreas ayudan a que los pastos aprovechen algunas de las condiciones que se crean tanto en suelo como ambiental existiendo un sinergismo al observarse que la altura del pasto Tanzania se ve menos afectado en cuanto a altura en épocas de invierno que representa los últimos muestreos. En el modelo 5 el

Ramón podría ser causante de que en un inicio el pasto Tanzania no logre su mejor crecimiento al tener mayor competencia en etapas iniciales.

Cuadro 9. Prueba tukey de Altura del pasto Tanzania en los 4 modelos en la última fecha

Modelo		N	Subconjunto	
			1	2
DHS de Tukey ^{a,b}	5	9	120.88	
	3	9	136.77	136.77
	4	9	142.77	142.77
	2	9		147.77
Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos. Basadas en las medias observadas. El término de error es la media cuadrática (Error) = 399.23. a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 9.00				

En la Figura 18 vemos que en el modelo cinco con la asociación Pangola, Tanzania, Leucaena y Ramón es el que queda con menor altura del pasto Tanzania en el octavo muestreo a los 224 días seguido por 3 y 4 respectivamente, el modelo 2 que se encuentra formado por la asociación Pangola Tanzania fue la que mayor altura alcanzó.

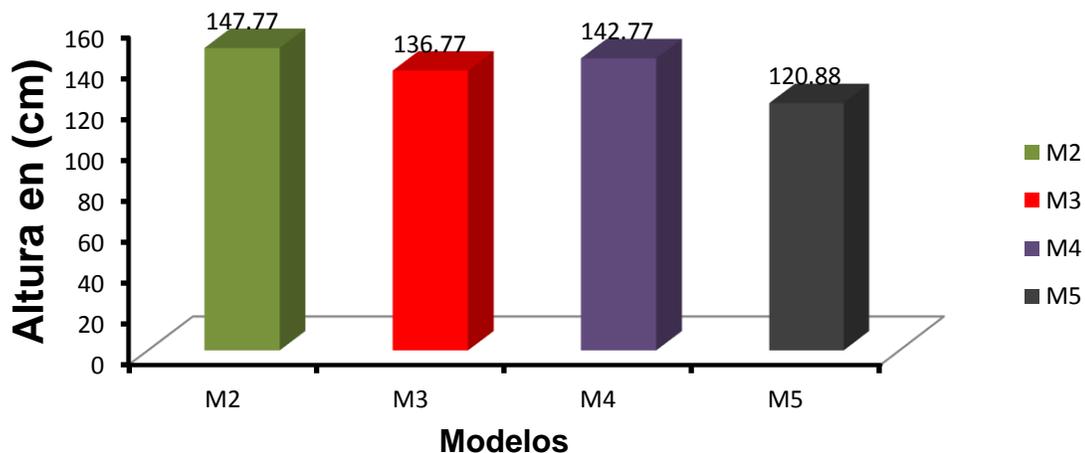


Figura 16. Cobertura vegetal promedio de los cuatro modelos.

En el muestreo se observa que el desarrollo de pasto Tanzania en cuanto altura fue muy similar destacando que el modelo 2 (Pangola + Tanzania) fue el que presento mayor altura, seguido por el modelo 4 y 3 quedando al final el modelo 5 (Pangola + Tanzania + Leucaena + Ramón), en el muestreo II a los 56 días, se observa un desarrollo ascendente en la altura de las plantas en todos los modelos destacándose el 2 como el de mayor altura manteniendo esta misma dinámica por los demás en el siguiente orden 4, 3 hasta el modelo 5, que presenta el valor más bajo. En el muestro III a los 84 días se pudo observar un crecimiento en todos los modelos destacándose el modelo 2 como el mayor que alcanza su mayor altura seguido del 4 en este caso mantiene un valor más cercano al 3 y nuevamente el modelo 5, es el más bajo. En el muestreo IV a los 112 días el modelo 2 es el que muestra mayor altura presentando valores más cercanos en el 4 y 3 sucesivamente y mostrando una diferencia marcada con el 5 que nuevamente el que obtiene el valor más bajo. En el muestreo V a los 140 días el modelo 2 continua manteniendo la mayor altura pero su diferencia con los modelos 4 y 3 se reduce manteniendo una diferencia significativa con el 5 que nuevamente representa el valor más bajo. Esta dinámica se mantiene muy

semejante en los muestreos subsecuentes 6 a los 168 días, 7 a los 196 días y 8 a los 224 días, el modelo 2 que se encuentra formado por la asociación Pangola Tanzania fue la que mayor altura alcanzo.

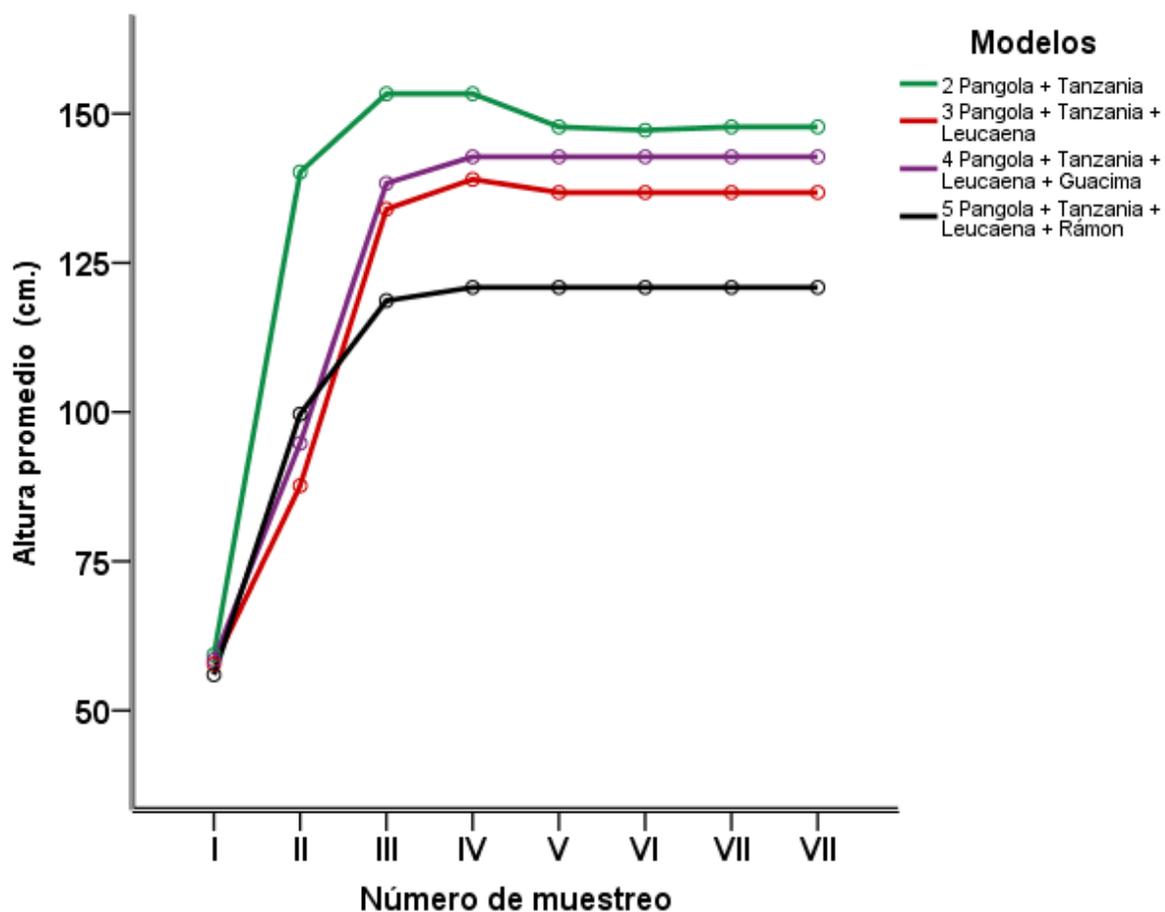


Figura 17. Comportamiento altura promedio del pasto Tanzania en cuatro modelos.

En la tabla de análisis de la varianza cuadro 10 se encontró significancia estadística ($p < 0.001$) para fechas pero no para Modelo e interacción Fechas*Modelo. El comportamiento de la altura de la Leucaena fue muy semejante pudiéndose considerar no fue afectada por la presencia de las arbóreas Guácima y Ramón en estas etapas de establecimiento. No se encontró referencias en donde se evalúen la interacción de estas especies en el establecimiento pero en campo en la zona norte de Veracruz encontramos plantas de Guácima y Leucaena conviviendo sin aparente efectos adversos.

Cuadro 10. Análisis de la varianza para altura de Leucaena para fechas y modelos

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F_{Cal.}	Sig.
Bloques	2	1348.148	674.074	4.448	.013
Fechas	7	26482.40	3783.200	24.96	.000
Error a	14	2015.333	143.952	.950	.507
Modelo	2	81.731	40.866	.270	.764
Fechas * Modelo	14	893.306	63.808	.421	.967
Error b	176	26674.07	151.557		
Total	215	57494.99			

Al realizar la comparación múltiple de medias por la técnica de tukey para fechas, en el Cuadro 11 se observan cinco grupos con diferencia significativa y las fechas 7 y 8 es donde se reporta la mayor altura promedio, lo cual se puede observar más claramente en la Figura 17.

Cuadro 11. Comparación múltiple de medias de tukey de Altura del Leucaena para las ocho fechas de muestreo.

Fechas	N	Subconjunto				
		1	2	3	4	5
1	27	13.33				
2	27	22.22	22.22			
3	27		25.85	25.85		
4	27			32.67	32.67	
5	27				36.93	
6	27				38.74	
7	27				41.93	41.93
8	27					50.30

Se muestran las medias de los grupos de subconjuntos homogéneos.
 Basadas en las medias observadas.
 El término de error es la media cuadrática (Error) = 151.557.
 a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 27.000
 b. Alfa = .05.

En la Figura 18 se observa el comportamiento de la Leucaena en cuanto a la altura en tres modelos, destacando que en el modelo 4 en donde se encuentran asociados lo pastos Pangola, Tanzania, Leucaena y Guácima es la que en un principio presento mayor altura teniendo un decremento en entre el muestreo 2 y 3 que podría entenderse que fueron condiciones específicas del entorno del trabajo, pero que finalmente en el desarrollo del establecimiento a los 224 días se muestra una altura ligeramente superior con respecto al modelo 3 y 5 respectivamente, la literatura revisada no muestra información de trabajos de establecimiento de Leucaena en la asociación con Guácima y Ramón razón por la cual únicamente podemos guiarnos en base a la experiencia, en donde en el norte de Veracruz se han observado algunas plantas de Guácima en sistemas silvopastoriles de Leucaena, esto se explica por ser la Guácima que se encontraba en forma natural colonizando el terreno, permaneciendo algunas plantas aisladas, a pesar de la inducción de nuevas especies.

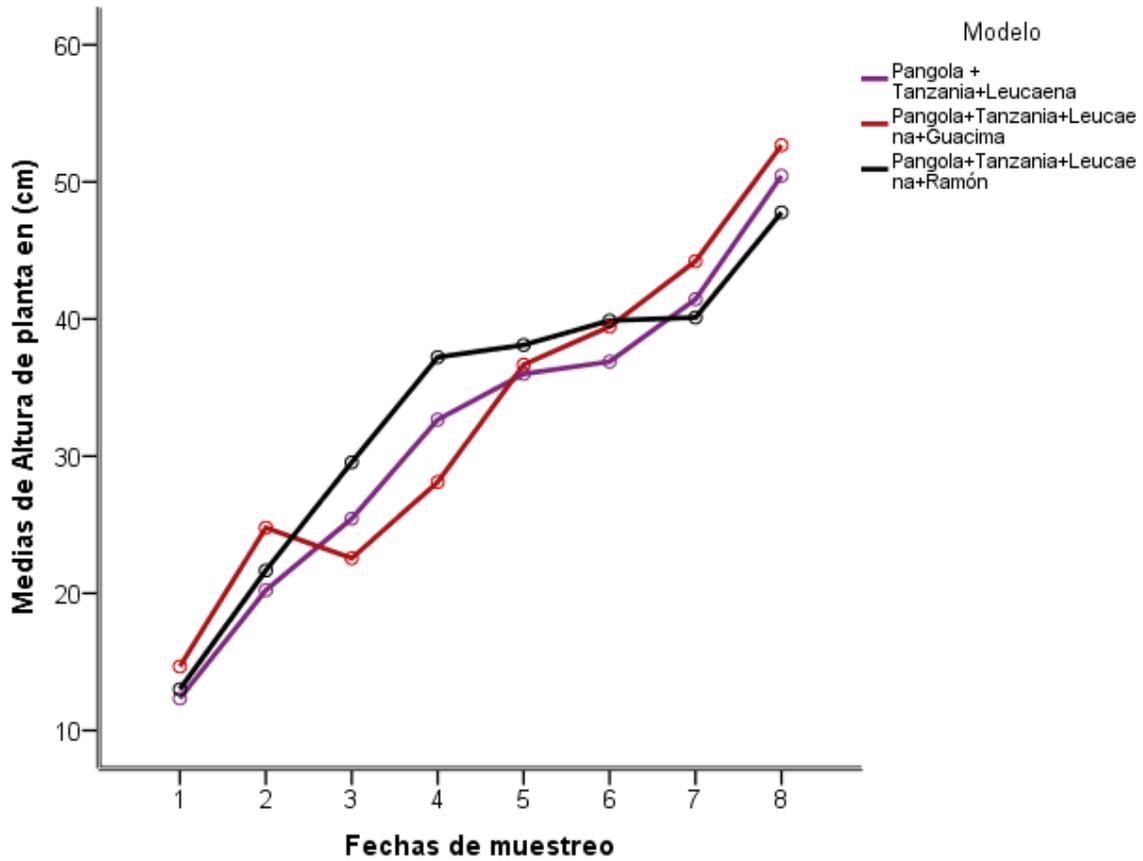


Figura18. Comportamiento altura promedio de leucaena en tres modelos.

En la tabla de análisis de la varianza (Cuadro 12) se encontró significancia estadística ($p < 0.001$) para fechas y modelo pero no para la interacción Fechas*Modelo.

Cuadro 12. Análisis de la varianza número de plantas de leucaena para fechas y modelos.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	F_{cal.}	Sig.
Fecha	7	638.444	91.206	22.014	.000
Error a	16	69.481	4.343	1.048	.409
Modelo	2	163.509	81.755	19.733	.000
Fecha *Modelo	14	35.750	2.554	.616	.849
Error b	176	729.185	4.143		
Total	215	1636.370			

En la Figura 19 se observa la dinámica en cuanto al número de plantas de Leucaena, durante los 224 días, desde las primeras emergencias existe una variabilidad que se estabiliza entre el tercero y cuarto muestreo, el número de plantas menor es el que se encuentra en el modelo M 5 formado por Pangola, Tanzania, Leucaena y Ramón, seguido del modelo M3 y el que mayor número de plantas de leucaena presento fue el M4 formado por Pangola, Tanzania, Leucaena y Guácima.

La estabilización de número de plantas con cuerda con otros autores que reportan cuando alcanza altura de unos 20 cm aproximadamente a los tres meses de edad (INIFAP Ortega Reyes, 2003) (Solorio, 2013)

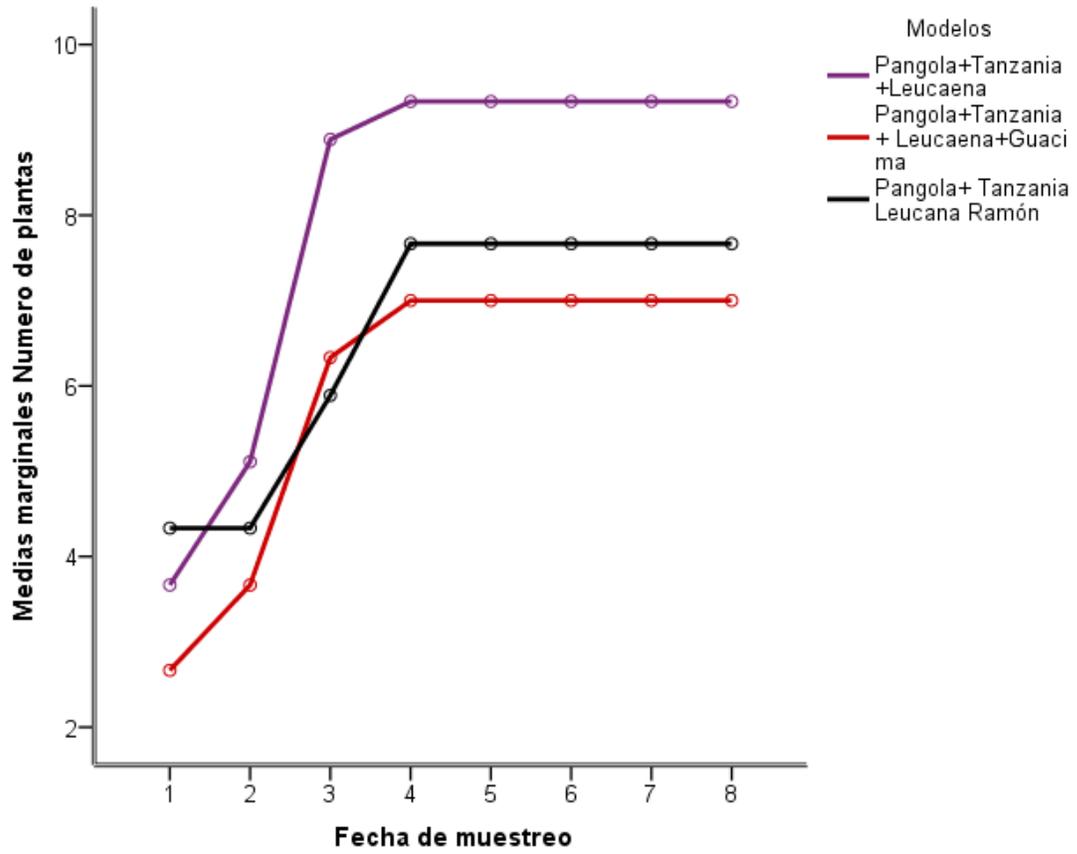


Figura 19. Comportamiento del número de plantas promedio de leucaena en los tres modelos durante el periodo de estudio.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La *Digitaria decumbens* cuando se establece como especie única logra desarrollarse bien, al interactuar con las demás especies baja su Cobertura vegetal, Altura de Planta y Número de plantas,

El *Panicum maximum* por ser la especie de más rápido crecimiento fue la que logro siempre mayor cobertura, mostrando que disminuye, un poco su desarrollo en altura al interactuar con las arbóreas.

La *Leucaena leucocephala* mantuvo su adaptación tanto con las gramíneas como con las arbóreas con niveles semejantes, Cobertura vegetal, Altura de Planta y Número de plantas,

En el caso de *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* mostraron que pueden integrarse junto con *Leucaena leucocephala* en un sistema silvopastoril y gramíneas.

Con lo que respecta a este trabajo es importante resaltar el comportamiento del resultado de las asociaciones.

En la asociación ***Digitaria decumbens*, *Panicum maximum*** evaluada como modelo 2 se observa que la cobertura mayor se observó al cuarto muestreo a los 140 días de sembrado 70% Tanzania y 7% Pangola por lo tanto el Tanzania es el que mayor cobertura presenta

Pudiéndose observar que el pasto Pangola ***Digitaria decumbens*** su cobertura vegetal se ve afectado al presentar competencia de luz al encontrarse en asociación con especies más altas.

La asociación pastos arbóreas de los modelos establecidos M3, M4, M5 a los 224 días de establecidos no muestran diferencias significativas con respecto a cobertura vegetal, entendiendo que en un inicio las arbóreas utilizadas en el presente trabajo, tienen una dinámica de crecimiento más lenta, y que conforme se desarrollan incrementan la cobertura vegetal.

A realizarla evaluación de la variante altura de pasto Tanzania encontramos el mayor desarrollo en modelo 2 en donde se encontraba con pasto Pangola en el muestreo 4 a 112 días de sembrado, los modelos M3, M4, 5M al evaluarse a los 224 días no mostraron diferencias significativas coincidiendo la altura máxima de y en su caso fue a los 90 días (Miranda Z. Héctor Ariel, 2009)

La determinante altura para la arbórea Leucaena se encontró que el modelo M4 formado por Pangola Tanzania Leucena y Guácima es el que a los 224 días presentó mayor crecimiento, siendo seguido por los modelos M3 y M5 no teniendo significancia estadística entre los tres para esta variante

Al determinar el número de plantas de leucaena por modelo se encontró una variabilidad en las diferentes fechas ya que algunas plantas detuvieron su nacerencia, explicándose por las semillas al requerir escarificación para romper su estado de letargo y el sembrarse bajo condiciones de temporal la humedad no puede encontrarse en cantidades adecuadas con la uniformidad requerida para semillas grandes. De igual forma se tuvo pérdidas de plantas en sus primeras etapas por diversos factores (plagas, arrastre por agua, etc.) encontrándose una estabilidad a partir del cuarto muestreo, el modelo M4 fue el que mostro un mayor número de plantas, el M3 y M5 le siguieron no mostrando estadísticamente diferencias significativas.

Podemos concluir que es factible el establecimiento de estos modelos silvopastoriles multiestrato utilizando las especies de pasto como *Digitaria decumbens*, *Panicum maximum* y las arbóreas como la *Leucaena leucocephala*, *Guazuma ulmifolia* y *Brosimum alicastrum*.

5.2 Recomendaciones

El establecimiento de sistemas silvopastoriles multiestrato, es una alternativa viable, a implementarse en base a los modelos evaluados y bajo las condiciones, en que se realizó el presente estudio.

Es necesario continuar las investigaciones de modelos silvopastoriles multiestrato, utilizando las mismas especies evaluadas en el presente trabajo e implementando nuevas especies,

La investigación, en modelos silvopastoriles multiestrato requiere, estudios en un mayor tiempo, que permita evaluarlo, bajo condiciones de pastoreo.

6. LITERATURA CITADA

- Agüero, I. Z. (2009). Sistema silvopastoril: UMA estrategia de producción para ecosistemas del NOA. Producir XXI,.
- Alonso, j. (2009). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. Habana: Instituto de Ciencia Animal Hababa Cuba.
- Alonso, J. (2009). Los sistemas silvopastoriles y su contribución al medio ambiente. La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal.
- Alonso, O., & Lezcano, J. C. (2011). El contexto fitosanitario en sistemas de pastoreo racional con gramíneas y en silvopasturas. En: André Voisi. (Editora: Milera, M.).
- Álvarez, A. y. (2007). El cambio climático y la actividad agraria. . Memorias del IV Congreso Forestal de Cuba (CD-ROM). Instituto de Investigaciones Forestales-MINAG , (pág. 8 pp). . La Habana, Cuba.
- Anguiano, J. (2012). Establecimiento de *Leucaena leucocephala* con alta densidad de. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 46, 103-107.
- Araya, J., Benavides, J., & Arias, R. y. (1994). Identificación y caracterización de árboles y arbustos con potencial forrajero en Puriscal, Costa Rica. In: J.E. Benavides (ed.). Arboles y Arbustos Forrajeros en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica.: Serie Técnica, Informe Técnico No. 236, vol. 1. CATIE.
- Arias R. (1987). Identificación y caracterización de los sistemas de producción caprina, predominantes en la región del Altiplano Occidental de Guatemala., Tesis Mag.Sc. Turrialba Costa Rica, UCR/CATIE. 155 p.

- Ayala, S. (1995). Establecimiento y producción temprana de forraje de Ramón (*Brosimum alicastrum* Swartz) en plantaciones a altas densidades. *Agroforestería en las Américas.*, 10-16.
- Ayala, S. A. (1999). Ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.): Árbol de uso múltiple para los sistemas agro y silvopastoril de trópico mexicano. Huatusco, Veracruz, México.: Memoria de la I Reunión anual sobre sistema agro y silvopastoriles.
- Ballina, G. H. (2009). Crecimiento, supervivencia y herbivoría de plántulas de *Brosimum alicastrum* (Moraceae), una especie del sotobosque neotropical. unam.
- Barreto. (2011). Deducciones del Teorema de Pitágoras a lo largo de la historia como recurso didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la matemática”. Barquisimeto Estado Lara Venezuela: Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”.
- Benítez, G. E.-S. (2002). Diagnóstico de la situación de los viveros oficiales de Veracruz y su papel para apoyar programas de reforestación y restauración. *Revista Chapingo. Chapingo Serie ciencias forestales y de ambiente*, 8:5-12.
- Berg, C. (1972). *Flora Neotropica. Monograph*, 7: 170-171.
- Berg, C. (1972.). *Flora Neotropica. Board on Science and Technology for International*.
- Betancourt, K. I. (2003). Efecto de la cobertura arbórea sobre el comportamiento animal en fincas ganaderas de doble propósito en Matiguás, Matagalpa, Nicaragua. *Agroforestería en las Américas*, 10(39-40):47-51.
- Bolfor, F. M. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: Editora El País.

- Bronstein, G. (1984). Producción comparada de una pastura de *Cynodon nlemfuensis* asociada con árboles de *Erythrina poeppigiana* y sin árboles. Turrialba, Costa Rica.: UCR-CATIE Tesis Mag. Sc., UCR-CATIE, .
- Budowski, G. (1981). Algunas ventajas y desventajas de sistemas agroforestales (presencia simultánea o secuencias de árboles asociados con cultivos y/o plantas forrajeras) en comparación con cultivos no arbóreos. Turrialba, Costa Rica.: CATIE.
- Chará J., B. D. (2004). Effects of land use on biotic and abiotic aspects of low-order streams of the Colombian Andes.. Bulletin of the North American Benthological Society , 21.
- Chippendall. (1955). guieto the identificación of glasses in South Africa. Parov (cape province): FAO.
- Clavero, T. (1998). *Leucaena leucocephala*. Alternativa para la alimentación animal. . Caracas, Venezuela: Fundación Polar, Universidad del Zulia - Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes.
- Corse, M. e. (1995). Potencial de Produção do *Panicum maximum*. Anais do. 12o Simpósio sobre Manejo da Pastagem tema: O Capim Colonião. Anais (págs. 275-304). Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” FEALQ. Piracicaba.
- De la Cruz, A. (1993). Notas ecológicas y etnobotánicas del ojite (*Brosimum alicastrum* Swartz) (Moraceae) en el estado de México. Veracruzana. Xalapa, Veracruz. México: Tesis de licenciatura. Facultad de Agronomía. Universidad.
- EMB Encyclopédie Méthodique, B. (2007).
- Euclides, V. P. (1999). Consumo voluntario de forragem de tres cultivares de *Panicum maximum* sob pastejo. . Rev. Soc. Bras. Zootec.(28), 1177-1185.

- FAO. (1994). FAO Production Year Book. Vol 48. No. 76. Rome. Italy.: FAO Statiscs SerieS.
- FAO, J. G. da Silva,. (2006). Evaluación de los recursos forestales mundiales 2006 (Vol. 48). ROMA, italia: FAO Production Year Book. Vol 48.
- FAO. IPCC, i. p. (2007). mitigation of climate chang. contribution of working grup III to the furth assessment report of the intergovernmental panel on climatic change. cambridge: cambridge university Press.
- Flores M., J. A. (1993). Manual de Alimentación Animal. Serie Ciencia y Técnica, Grupo. México.: Noriega editores.Tomo II.
- Flores O. (1994). Caracterización y evaluación de follajes arbóreos para la alimentación de rumiantes en el departamento de Chiquimula, Guatemala. In J. Benavides (ed), Arboles y Arbustivos Forrajeros en América Central, CATIE, pp 117 - 133.
- Flores O., J. D. (1998). Parámetros nutricionales de algunas arbóreas leguminosas y no leguminosas con potencial forrajero para la suplementación de rumiantes en el trópico. Livestock Research for Rura IDevelopment.
- Flores, O. (1998). Contribución ecológica de los taninos de especies leñosas sobre la utilización de. COSTARICA: 115.
- Fondevilla, M. (1998). Procesos implicados en la digestión microbiana de los forrajes de baja calidad. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 15: 87-106.
- Fundación Produce Michoacán A.C. (2010). Enfoque Silvopastoril Integrado para el manejo del Ecosistema. Morelia, Michoacán.: Fundación Produce Michoacán A.C.
- García. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, México. México: Offset Larios, .

- García. (1989). "Climas", Atlas Nacional de México, Vol. II (Vol. II). México: Instituto de Geografía, UNAM.
- GIRALDO. (1996). El papel de la Agroforestería en la Producción Animal y el Medio Ambiente. IN:. Memorias Primer Seminario Nacional Agroambiental. El manejo ecológico de la producción y la sanidad agropecuaria. Mederllin.
- Giraldo, A. (2005). Potencial de la arborea guácimo. Agroforestería para la Producción Animal en Latinoamérica, 201 215.
- Giraldo, L. (1996). El papel de la Agroforestería en la Producción Animal y el Medio Ambiente. Memorias Primer Seminario Nacional Agroambiental. El manejo ecológico de la producción y la sanidad agropecuaria (págs. 51-67). Mederllin: Politécnico Colombiano Jaime.
- Giraldo, L. (2000). . Sistemas Silvopastoriles: Alternativa Sostenible para la ganadería Colombiana. . Universidad Nacional de Colombia.- (pág. 52). Medellín: PRONATTACONISILVO.
- Giraldo, L. A. (1995). Efecto de tres densidades de árboles en el potencial forrajero de unsistema silvopastoril natural. Seminario internacional: sistemas silvopastoriles,casos exitosos y su potencial en Colombia. Memorias, (págs. Noviembre 27 y 29, Diciembre 1. pp 57-73). Santafé de Bogotá, La Dorada,.
- Gómez, C. T. (2006). Áreas con potencial para el establecimiento de árboles forrajeros en el centro de Chiapas. México: Técnica Pecuaria en México.
- Harlam, J. .. (1956). Theory and dynamics of grassland agriculture. N.Y.: Ed. Van Nostrand.
- Harlam, J. (1956). Theory and dynamics of grassland agriculture. N.Y.: Van Nostrand.

- Holman F., R. L. (2004). Impacto de la adopción de pastos Brachiaria: Centroamérica y México. Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) . (Documento de trabajo 197). 31 p.
- Houghton, J. Y. (2001). Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Hutton, E. (1968). Pasture species and beef production on the north coast of New South Wales. *Tropical Grasslands*,. *Tropical Grasslands*, 2, 74–79.
- Ibarra. (2005). Gramíneas forrajeras en la producción ovina. Memorias XIX Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. (págs. 135-139). BIOTAM Nueva Serie. Edición Especial 2005.
- Ibrahim M., C. G. (1998). Establishment and management of fodder banks for livestock feeding in Cayo. *Agroforestry prototypes for Belize, CATIE /GTZ, , Costa Rica*, pp 15 –39.
- Ibrahim y Mora, J. (2001). Ganadería, medio ambiente y desarrollo en América Latina. Memoria I Simposio Internacional sobre Ganadería Agroecológica. SIGA (pág. 10). La Habana, Cuba: Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes.
- Ibrahim, M. V. (2007). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y rehabilitación ecológica. XX Reunión ALPA, XXX APPA-CUSCO-Perú. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.*
- Ibrahim. M. y Harvey. C. (2003). Diseño y manejo de la cobertura arbórea en fincas ganaderas para mejorar las funciones productivas y brindar servicios ambientales. *Agroforesteria en las Américas*, 10(39-40):4-5.
- INIFAP. (2004). Zonas con potencial forrajero . Mexico DF.

- INIFAP Juárez, L. F. (2005). Valor nutritivo de pastos tropicales para bovinos en el estado de Veracruz. Ficha Tecnológica 2005 Sistema Producto.
- INIFAP Ortega Reyes, L. (2003). manejo de *Leucaena* en sistemas silvopastoriles. Merida: Luis Ortega ReyesCampo.
- INIFAP. Silva Luna. (2012). Producción de forraje de los zacates Tanzania y Mombasa. La Huerta, Jal.: INIFAP Campo Experimental "Costa de Jalisco".
- ITA-Conagua. (2012). Comisión Nacional del Agua. Instituto Tecnológico de Altamira. Cd. Altamira, Tamaulipas. Mexico.
- León. (1946). Flora de Cuba. Vol. 1 Contab. oca. mus. hist. nat. 8. La Habana, Cuba: Colegio de La Salle.
- León, J. &. (1971). Pastos tropicales: gramíneas y leguminosas. Roma: FAO1.
- Machado, R. &. (1997). Introducción, mejoramiento y selección de variedades comerciales de pastos y forrajes. Pastos y Forrajes., 20:l.
- Manríquez, M. L. (2010). Establecimiento, calidad del forraje y productividad de un sistema silvopastoril intensivo bajo pastoreo de bovinos y ovinos en el trópico sub-húmedo. Veracruz: Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.
- Martínez, Y. R. (2010). Utilización de Ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.) y Cayena. Zootecnia Trop., 153-161.
- McVaugh, R. (1983). Gramineae. Flora Novo-Galiciana. A descriptive account of the vascular plants of Western Mexico,. Mexico: En: W. R. Anderson (ed.).
- Meiners, M. C. (2009). El Fruto de nuestra cultura y raíz para la conservación. CONABIO. Biodiversitas, 7-10.

- Mijail. A. et al, S. M. (2005). Conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles de matiguás y río blanco, dpto. de Matagalpa, Nicaragua. III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes. I Congreso I. Habana, Cuba: cd.
- Miranda Z. Héctor Ariel, R. C. (2009). Adaptación y productividad de seis gramíneas. Managua,.
- Miranda. F. y E. Hernández. (1963). Los tipos de vegetación de México y su clasificación. (.. C. Agricultura, Ed.) Texcoco, de México, México: Colegio de Postgraduados. Secretaría de Agricultura.
- Montagnini. (1992). Experiments with native trees in Costa Rica and Argentina. *Agroforestry Today*. 4 (3), julio-septiembre, 4-6.
- Montero, S. F. (2011). Crecimiento inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del norte de Veracruz. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 53- 67.
- Morales E.R., O. (2009). RAMON (*Brosimum alicastrum* Swartz.) Protocolo para su Colecta, Beneficio y Almacenaje. Merida Yucatan: Comisión Nacional Forestal Región XII Península de Yucatán Departamento de Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales Programa de Germoplasma Forestal Estado de Yucatán.
- Navas Panadero, M. M. (2007). Sistemas silvopastoriles para el diseño de fincas ganaderas sostenibles. *Revista ACOVEZ*,.
- Navas, A. (2003). Influencia de la cobertura arbórea de sistemas silvopastoriles en la distribución de garrapatas en fincas ganaderas en el bosque seco tropical. Sc. Turrialba, CR, CATIE. Turrialba: Tesis Mag.

- Norton B.W. (1994). The nutritive value of tree legumes. En: Guterridge R. C. y Shelton H. M.I. United Kingdom. . , Forrage tree legumes in tropical agricultura. CAB internationa, 177-191.
- Norton. et al. (1991.). The effect of shade on forage quality. Forages for plantation cropsc. ACIAR. Pro, No 32. pp: 83 – 88.
- Ocampo, M. T. (209). Ficha tecnica 12 Sistemas silvopastoriles. Montecillo, México: Secretaria de Agricultura ,.
- OFI-CATIE. (1991). Árboles de Centroamérica *Brosimum alicastrum* Sw. turrialba, costarrica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza .
- Orozco, P. W. (2009). Una prepectiva agroforestal participativa para la ganadería en Tantahuikapan. propuesta silvopastoril. entreverndo, 91.
- Ortiz. (2012). Evaluación del pastoreomixto de ovinos y bovinos. Veracruz: Colegio de Postgraduados, Campus Veracruz.
- Ortiz., M. (2009). Ramón *Brosimum alicastrum* Swartz Protocolo para su Colecta, Beneficio y Almacenaje.
- Ortiz.E.R., M. (2009). RAMON (*Brosimum alicastrum* Swartz.) Protocolo para su Colecta, Beneficio y Almacenaje.
- Palma J.M. (2005). Los arboles en la ganaderia tropical. Avances en la investigación agropecuaria, 1-9.
- Palma, J. M. (1997). Aproximación al estudio de la vegetación arbórea del estado de Colima. X Reunión de Avances en Investigación Agropecuaria, (págs. 88-90). barra de navidad, jalisco: tropico 97.

- Pennington, T. D. y J. Sarukhán. (1998). Árboles Tropicales de México. Manual. (Universidad, Ed.) México, D.F., México, D.F., México: Fondo de Cultura Económica,.
- Pentón, G. (1999). Evolución de la composición botánica en una finca silvopastoril. Estación Experimental de Pastos y Forrajes, 1.
- Restrepo, C. I. (2004). Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en trópico seco en Cañas, Costa Rica. Agroforestería en las Américas, 11(41-42):29-36.
- Reynolds, S. G. (1995). Pasture - cattle - coconut systems. . . Bangkok, Thailand: FAO, Regional Office for Asia and the Pacific..
- Ríos, J. I. (2006.). Estimación de la escorrentía superficial e infiltración en sistemas de ganadería convencional y en sistemas silvopastoriles en la zona de recarga hídrica de la subcuenca del Río Jabonal, Barranca, Costa Rica. . IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible y III Simposio sobre Sistemas Silvopastorile para la Producción Ganadera Sostenible (pág. 120). Cuba: : IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible y III Simposio sobre Sistemas Silvopastorile para la Producción Ganadera Sostenible.
- Ruiz T.E. et al., J. H. (1996). El género *Leucaena* como una opción para el mejoramiento de la ganadería en el trópico y subtrópico. Centro de Transferencia, 11.
- Ruiz, T. y. (1987). *Leucaena*, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico. . . Cuba: EDICA.
- Ruiz. T.E. et al, 1. (1995). Alternativas de empleo de las leguminosas en la producción de leche y carne en el trópico (pág. 75). La Habana: Seminario Científico Internacional XXX Aniversario Inst. Ciencia Anima.

- Ruiz. T.E. et al., F. G. (1990). Tecnología de explotación de bancos de proteína de leucaena para hembras en desarrollo y producción de leche y carne. Conferencia. Seminario. 186.
- Rzedowski. (1978). Vegetación de México. México: Limusa.
- Sánchez. (2007). Acumulación y descomposición de la hojarasca. La Habana: Instituto de Ciencia Animal.
- Sánchez-Velásquez., G. H.-L. (2002). Estructura arbórea del bosque tropical caducifolio usado para la ganadería extensiva en el norte de la Sierra de Manantlán, México:México: Antagonismo de uso polibotánica. Mexico.
- SEMARNAT. (1999). Inventario Nacional de Suelos, ;. México: SEMARNAT.
- Sheth, A., & Yu, L. &. (1956). Sterility in pangola grass (*Digitaria decumbens*, Stent). Agron. J.
- SIAP. (2007). Leche de Bovinos. Avance acumulado de la producción pecuaria Año 2007. México: . Disponible: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/> Consultado: Septiembre de 2008.
- Sidak, V., & Seguí, E. &. (1977). Variability in *Panicum maximum* Jacq. and some results of the selection. . XIII Int. Grassld. , (págs. 1-2). Leipzig, RDA.
- Silvoenergía. (1986.). Silvicultura de especies promisorias para la producción de lena en América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No 86. Turrialba. Costa Rica.: (CATIE),.
- Skerman, P. J., & Riveros, F. (1990). Tropical grasses. FAO Plant Production and Protection Series No. 23. Roma: FAO.

- Solís, f. M. (2011). Crecimiento inicial de especies arbóreas multipropósito en un terreno ganadero del norte de Veracruz. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 53-66.
- Solorio, F. S. (2013). *Leucaena para el desarrollo de la ganadería en el trópico Mexicano*. Morelia, Michoacán: Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Souza de Abreu, M. H. (2002). Contribution of trees to the control of heat stress in dairy cows and the financial viability of livestock farms in humid tropics. PhD. Thesis. Turrialba: CR, CATIE. p. irr.
- Toledo y Schutlize-Kraft, 1. D. (1982). manual para la evaluación agronómica red internacional de evaluacion de pastos. Cali Colombia: CIAT.
- Toledo, V. B. (1995). La selva útil: Etnobotánica cuantitativa de los grupos indígenas del trópico húmedo de México. *Interciencia*, 177-187.
- Villa-Herrera A. et al., M. E.-T.-O.-L.-J.-G. (2009). *Redalyc Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 253.
- Villarruel, F. Y. (2007). paquete tecnologico para el empleo de *Guazuma ulmifolia* Lam. una estrategia ecologica y productiva. XX Reunion científica-Tecnologica forestal y agropecuaria Veracruz, (pág. 5). Boca del rio.
- Villaseñor R., J. L. (1998.). *Catálogo de malezas de México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. México, D.F: Fondo de Cultura Económica.
- Villegas D G., B. M. (2001). La ganadería en Mexico 1.5.1. I. . Temas selectos de geografía de México. México: Instituto de Geografía. UNAM.

- W. J., & Ludlow, M. M. (1991). The environment and potential growth of herbage under plantations. r (eds) . (Proceedings No. 32). .Forages for plantation crops. Camberra, AU. ACIAR., Pp. 10-24.
- W. r. (1998). Manipulating ruminal fermentation:. a microbial ecological perspective. JA nim Sci;, 76: 3114 – 3122.
- Wencomo. (2005). Comportamiento agronómico de una asociación de *Leucaena* con otras especies vegetales. Redalyc, 228.
- Whyte, T., & Moir, T. &. (1959). Graminae in Agriculture. FAO. Rome, Italy: FAO.
- Wilson, & J.R, L. C. (1986). Shade simulation of the growth and nitrogen uptake of a run-down green panic pasture on Brigalow clay soil. CSIRO. Division of Tropical Crops and Pastures. Annual Report.
- Wilson, J. R. (1991.). Ecophysiological constraints to production and nutritive quality of pastures under tree crops. . In: International Lives tock Tree Cropping Workshop. NARDI / FAO, Seldan., pp: 20 – 44.
- Yepes, S. (1971). Las espiguillas del pasto. . La Habana Cuba: Universidad de La Habana.
- Zárate. (1987). *Leucaena leucocephala*. Phytologia 63(4), 304-306.

7. Anexos

7.1- Resultados del análisis de suelos

**ESTUDIO EDAFOLÓGICO DE FERTILIDAD Y SALINIDAD
RANCHO EL CIEN LOTE EXPERIMENTAL
PROPIETARIO : ING. JORGE ROMERO G.
SUPERFICIE 1-00-00 HAS.
MPIO. DE: TAMPICO ALTO VERACRUZ.
MUESTRAS**

Cuadro 13. Textura del suelo en el sitio experimental.

No. Lab	No. Campo	Area O Sitio	% Arena	% Limo	% Arcilla	Clasificación
1	1	Experimental	63.86	14.00	22.14	Migaj. Arc, arenoso
2	2	Experimental	72.58	9.64	17.78	Migaj. Arenoso
3	3	Experimental	65.3	14.25	20.45	Migaj. Arc, arenoso
4	4	Experimental	60.43	16,32	23.25	Migaj. Arc, arenoso
5	5	Experimental	74.14	10.75	15.11	Migaj. Arenoso
6	6	Experimental	75.86	9,97	14.17	Migaj. Arenoso
7	7	Experimental	61.53	10.92	27.55	Migaj. Arc, arenoso

El cuadro trece muestra, que son suelos de migajón arcillo arenoso, los cuales están formados por partículas de arena en un porcentaje alto, en segundo lugar arcilla y un mínimo limo, dentro de sus características físicas es que son suelos ligeros fáciles de trabajar.

Cuadro 14. Retención de humedad del suelo en el sitio experimental.

No. Lab	No. Campo	Prof. Cms.	CAP. DE CAMPO %	PMP %	HUMEDAD. RETENIDA
1	1	0-30	30	15	15
2	2	0-30	30	15	15
3	3	0-30	30	15	15
4	4	0-30	30	15	15
5	5	0-30	30	15	15
6	6	0-30	30	15	15
7	7	0-30	30	15	15

El cuadro catorce muestra. Que estos suelos migajón arcillo arenoso presentan, una capacidad de campo de 30% y una humedad retenida de 15, por la cantidad de arena y arcilla es de alguna manera algo conveniente ya que las partículas de arena no retienen mucha agua y permite que penetre a mayor profundidad, de igual forma en temporales permite que no se formen encharcamientos prolongados.

Cuadro 15. Fertilidad del suelo en el sitio experimental.

No. Lab	No. Campo	Prof. Cms.	Ph.	C.E.	Mat. Org. %	K Kg/Ha	P Kg/Ha	N Kg/Ha	Densidad aparente
1	1	0-30	7.4	2.8	1.1	36.25	32.17	0.82	1.2
2	2	0-30	7.6	1.78	1.5	39.83	16.49	0.25	1.2
3	3	0-30	7.7	3.23	1.9	87.22	20.35	0.33	1.2
4	4	0-30	7.5	2.5	.62	32.7	51.92	1.52	1.3
5	5	0-30	7.8	1.7	1.3	31.8	25.85	1.46	1.3
6	6	0-30	7.7	2.8	1.7	26.57	20.53	1.07	1.3
7	7	0-30	7.4	1.85	1.2	38.45	35.78	1.05	1.2

El cuadro quince nos muestra la concentración de los macro elementos (nitrógeno, fosforo y potasio) a pesar de no ser un suelo muy rico nutricionalmente, en el caso de pastos tropicales y arbóreas de la región, permiten un buen crecimiento, presenta conductibilidad eléctrica es bastante buena, la densidad aparente muestra que son suelos porosos con buen drenaje, potencial hidrogeno estos suelos se considera ligeramente alcalino, bajo estas condiciones de (Ph) prosperan bien pastos tropicales, materia orgánica se considera mediana mente pobre, el establecimiento de estos sistemas de producción contribuye a mantener y mejorar paulatinamente los porcentajes de materia orgánica.

En general podemos considerar que estos suelos presentan una serie de desventajas, pero que son características propias de gran parte de del norte de Veracruz especial mente en la parte colinda con la laguna de Tamiahua, que se transita por la brecha huasteca, abarcando los municipios de Pueblo Viejo, Tampico Alto, Tamiahua y parte de Tuxpan.

Nota.

Estos análisis son de manera general y únicamente tratan de describir las características físicas y fertilidad de los suelos en donde se realizaron los trabajos experimentales. Ya que no se realizó aplicación de fertilización o mejorador de suelo, considerando que la implementación de estos modelos silvopastoriles, es una alternativa, que puede mejorar con un buen manejo, las propiedades físicas y químicas del suelo.

7.2 fotografías

7.2.1 Fotografías pruebas de escarificación procesos químicos.



Figura 20. Escarificación con ácido clorhídrico en concentración 20%, 50%, tiempos de exposición de (sumergir y sacar) de 15 y 30 minutos.



Figura 21. Escarificación con ácido gilberélico 48 horas

7.2.2 Fotografías pruebas de escarificación procesos físicos



Figura 22. Escarificación método físico raspado lija en bote.



Figura 23. Escarificación método físico, exposición de las semillas a temperatura de 95°C durante un tiempo de 5 minutos

7.2.3 Fotografías. Siembra germinación y nacencia de plántulas.



Figura 24. Siembra de Leucaena en charolas.



Figura 25. Germinación y nacencia de las primeras plántulas de Leucaena.



Figura 26. Siembra de Ramón en bolsas.



Figura 27. Germinación y primeras nacencias de plántulas de Ramón.