



UAEM

Universidad Autónoma
del Estado de México

CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC

SISTEMA SILVOPASTORIL CON ÁRBOLES MULTIPROPÓSITO: *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm., *Enterolobium cyclocarpum* Jacq Griseb y *Swietenia macrophylla* King. EN PALMAR GRANDE, MUNICIPIO DE TLATLAYA, ESTADO DE MÉXICO

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO
ZOOTECNISTA**

PRESENTA:

ARIADNA TATIANA CARBAJAL ESTRADA

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. FRANCISCA AVILÉS NOVA

ASESORES:

DR. MANUEL ANTONIO PÉREZ CHÁVEZ

DRA. XOCHITL JASSO ARRIAGA



TEMASCALTEPEC, MÉXICO, NOVIEMBRE DE 2017.

AGRADECIMIENTOS

Ante todo y siempre a mi madre, por darme la confianza y el apoyo para tener una carrera profesional, porque sin ella no me hubiera sido posible salir adelante, por sus consejos, sus enseñanzas y sobre todo por su amor que fue la fortaleza que nunca me faltó, llenó de fe y luz mi sendero. Porque es la mejor maestra que la vida me ha dado y nunca terminare de agradecerle todo lo que ha hecho por mí.

A Dios, por permitirme la vida y por permitirle a mi madre la fuerza para sacarme adelante.

A mi padre, que aunque ya no está conmigo sus consejos y su educación siempre estuvieron y estarán presentes en mí. Que la base de mi educación y principios me lo enseñaron juntos mamá y papá.

A mi directora de tesis, por su orientación y hacer posible este trabajo en su área, que sin duda es un mundo maravilloso lleno de ciencia y cosas verdaderamente extraordinarias. A mis asesores por su tiempo y orientación.

A mis hermanos, amigos y demás familiares y personas que me han apoyado, por los buenos deseos hacia mí y por los grandes momentos juntos. Por enseñarme lo que sí y lo que no debía hacer.

DEDICATORIAS

Nada existe si así piensas, todo existe si tú quieres, todo puedes si lo intentas, nada
logras si prefieres.

Pedraza- Carrera

A mi madre que me ha enseñado de todo en esta vida menos a vivir sin ella, porque
ha sido su lucha constante, su esfuerzo, dedicación y su amor, el motor para luchar
por una vida mejor, porque con sus palabras de motivación me ha enseñado a vivir
el presente y ser feliz en el preciso momento en el que se está viviendo.

A mi padre, por la gran herencia de valores y principios que nos dejó.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
ÍNDICE DE CUADROS.....	10
RESUMEN	11
I. INTRODUCCIÓN	12
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
2.1 BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES.....	14
2.1.1 Fauna y flora silvestre	15
2.1.2 Agroecosistemas.....	15
2.1.3 Cuencas hídricas.....	16
2.1.3.1 Importancia y uso de las cuencas hídricas.....	16
2.1.4 Recurso Suelo.....	17
2.1.4.1 Importancia y uso del suelo	17
2.1.4.2 Características físicas y químicas del suelo	18
2.1.4.3 Texturas y Color.....	18
2.1.4.4 Materia Orgánica	18
2.1.4.5 pH del suelo	18
2.1.4.6 Humedad del suelo	19
2.2 CAMBIO CLIMÁTICO Y GANADERÍA.....	19
2.2.1 Problemática ambiental.....	20
2.2.2 Contaminación agropecuaria	21
2.2.3 Mejoramiento Ambiental.....	22
2.3 SISTEMAS SILVOPASTORILES.....	23
2.3.1 Cercas vivas.....	24
2.3.2 Barreras.....	24
2.3.3 Árboles y arbustos dispersos	25
2.3.4 Plantaciones maderables y frutales	25
2.3.5 Bancos de proteína	26
2.3.6 Beneficios de los sistemas silvopastoriles.....	26

2.3.7 Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles	27
2.4 SISTEMAS AGROFORESTALES	28
2.4.1 Agroforestería.....	29
2.4.2 Especies arbóreas.....	29
2.4.2.1 <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	30
<input type="checkbox"/> NOMBRES COMUNES.....	30
<input type="checkbox"/> ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	30
<input type="checkbox"/> DESCRIPCIÓN.....	31
<input type="checkbox"/> COMPOSICIÓN.....	31
<input type="checkbox"/> USOS	32
2.4.2.2 <i>Gmelina arborea</i>	32
<input type="checkbox"/> NOMBRES COMUNES.....	33
<input type="checkbox"/> ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	33
<input type="checkbox"/> DESCRIPCIÓN.....	33
<input type="checkbox"/> COMPOSICIÓN.....	33
<input type="checkbox"/> USOS	33
2.4.2.3 <i>Swietenia macrophylla</i>	34
<input type="checkbox"/> NOMBRES COMUNES.....	34
<input type="checkbox"/> ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN	34
<input type="checkbox"/> DESCRIPCIÓN.....	34
<input type="checkbox"/> COMPOSICIÓN.....	35
<input type="checkbox"/> USOS	35
2.4.3 Especies arbustivas	35
2.4.4 Establecimiento de plantaciones.....	36
2.4.5 Selección de semilla.....	37
2.4.5.1 Porcentajes de germinación	37
2.4.6 Medidas dasométricas	38
2.4.6.1 Mediciones y Estimaciones.....	38
2.4.6.2 Diámetros y circunferencias.....	38
2.4.6.3 Diámetro de copa o cobertura aérea	39
2.4.6.4 Alturas.....	39

III. JUSTIFICACIÓN.....	40
IV. HIPÓTESIS.....	41
V. OBJETIVOS.....	42
5.1 OBJETIVO GENERAL.....	42
5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	42
VI. MATERIALES Y METODOS	43
6.1 ZONA DE ESTUDIO	43
6.2 MATERIALES	44
6.3 ESTABLECIMIENTO.....	44
6.3.1 Manejo de los sitios de establecimiento.....	47
6.4 VARIABLES DE ESTUDIO	49
6.4.1 Planta	49
6.5 METODOLOGÍA	49
6.5.1 Toma de datos	49
6.5 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	51
6.5.1 Modelo estadístico	52
6.5.2 Programa estadístico	52
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	53
7.1 DESARROLLO FENOLÓGICO DE <i>SWIETENIA MACROPHYLLA</i> (CAOBILLA)	53
7.1.1 Cobertura aérea	53
7.1.2 Altura	54
7.1.3 Diámetro de tallo	56
7.2 DESARROLLO FENOLÓGICO DE <i>ENTEROLOBIUM CYCLOCARPUM</i> (PAROTA)	58
7.2.1 Cobertura aérea	58
7.2.2 Altura	59
7.2.3 Diámetro de tallo	60
7.3 DESARROLLO FENOLÓGICO DE <i>GMELINA ARBOREA</i> (MELINA).....	62
7.3.1 Cobertura aérea	62
7.3.2 Altura	63

7.3.3 Diámetro de tallo	64
7.4 OTROS RESULTADOS Y BENEFICIOS DEL SISTEMA SILVOPASTORIL	66
VIII. CONCLUSIONES.....	69
IX. LITERATURA CONSULTADA	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol de Parota	30
Figura 2. Árbol de melina	32
Figura 3. Árboles de caoba	34
Figura 4. Fotografía aérea de la población de Palmar Grande, Estado de México ..	43
Figura 5. Fotografía satelital del predio “Los Mangos del Tanque”	43
Figura 6. Recolección de semilla de <i>Gmelina arborea</i>	45
Figura 7. Recolección de semilla de <i>Gmelina arborea</i> y <i>Swietenia macrophylla</i>	45
Figura 8. Vivero forestal rustico en la unidad “Los Mangos del Tanque”	45
Figura 9. Acarreo de plántulas para trasplante	46
Figura 10. Siembra de plántulas	46
Figura 11. Parcela establecida de <i>Swietenia macrophylla</i>	47
Figura 12. Parcela establecida de <i>Gmelina arborea</i>	47
Figura 13. Parcela establecida de <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	48
Figura 14. Planta de <i>G. arborea</i> , poda y limpia de maleza	48
Figura 15. Material de medición (cinta métrica, formato de registro, lápiz y metro graduado).....	49
Figura 16. Medición de diámetro de tallo de <i>Enterolobium cyclocarpum</i> del año 2008.	50
Figura 17. Esquema de medición de la variable cobertura aérea para todos los árboles.	50
Figura 18. Variable de cobertura aérea de <i>Swietenia macrophylla</i> en cinco fechas de establecimiento en dos sitios.	53
Figura 19. Grafica de la variable altura de <i>Swietenia macrophylla</i>	55
Figura 20. Gráfica de la variable diámetro de tallo de <i>Swietenia macrophylla</i>	56
Figura 21. Caobilla sembrada en 2016.	57
Figura 22. Caobilla sembrada en 2013.	57
Figura 23. Cobertura aérea de <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	58
Figura 24. Altura de <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	59

Figura 25. Diámetro de tallo de <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	60
Figura 26. Cobertura aérea de <i>Gmelina arborea</i>	62
Figura 27. Grafica de la variable altura de <i>Gmelina arborea</i>	63
Figura 28. Grafica de la variable diámetro de tallo de <i>Gmelina arborea</i>	65
Figura 29. Árboles de melina establecidos en 2012.	65
Figura 30. Melina establecida en 2015 (imagen época de estiaje)	65
Figura 31. Periquera (nido de pericos).....	66
Figura 32. Nido de pájaro pacheco	66
Figura 33. Heces de liebre	67
Figura 34. Armadillo	67
Figura 35. Tuza	67
Figura 36. Ganado pastoreando antes del establecimiento del SSP.....	68
Figura 37. Ganado pastoreando después de establecido el SSP.	68

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la parota	30
Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la melina.....	32
Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la caobilla o zopilote.....	34
Cuadro 4. Diseño metodológico de las especies en los tratamientos.....	51
Cuadro 5. Cobertura aérea en dos sitios de establecimiento de <i>Swietenia macrophylla</i>	54
Cuadro 6. Altura de <i>S. macrophylla</i> en dos sitios de plantación.	55
Cuadro 7. Diámetro de tallo de <i>Swietenia macrophylla</i>	57
Cuadro 8. Cobertura aérea de <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	59
Cuadro 9. Altura de <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	60
Cuadro 10. Diámetro de tallo de <i>Enterolobium cyclocarpum</i>	61
Cuadro 11. Cobertura aérea de <i>Gmelina arborea</i>	63
Cuadro 12. Altura de <i>Gmelina arborea</i>	64
Cuadro 13. Diámetro de tallo de <i>Gmelina arborea</i>	65

RESUMEN

El desarrollo acelerado de la industria y de la sociedad, ha causado grandes estragos en el medio ambiente, afectando los sistemas silvestres que en este habitan así como los sistemas manejados por el mismo hombre. En consecuencia, distintas organizaciones e instituciones han implementado diversas alternativas de solución al problema una de ellas es la ejecución de los sistemas silvopastoriles que ayudan a optimizar la relación suelo-planta-animal y manejados adecuadamente pueden mejorar el nivel de vida de las personas dedicadas al campo y reparar la interacción con la flora y la fauna silvestre. El objetivo de este trabajo fue evaluar el desarrollo del sistema silvopastoril de árboles multipropósito: *Swietenia macrophylla* (caoba), *Enterolobium cyclocarpum* (parota) y *Gmelina arborea* (melina) establecidos en el periodo 2008-2016 en Palmar Grande, Municipio de Tlatlaya, Estado de México. Las mediciones se llevaron a cabo durante el periodo febrero-junio 2017 evaluando las variables: cobertura aérea, altura y diámetro de tallo, las cuales se analizaron mediante un diseño de bloques al azar, donde los bloques y tratamientos fueron los sitios y años de establecimiento respectivamente. Las diferencias estadísticas se encontraron principalmente entre tratamientos y en menor proporción entre bloques. Se concluye que los árboles de *Swietenia macrophylla* y *Gmelina arborea* establecidos en 2012, presentan mayor desarrollo fenológico que los establecidos años después, asimismo los árboles de *Enterolobium cyclocarpum* establecidos durante 2008 también presentan mayor desarrollo fenológico que los establecidos en los años siguientes. También se concluye que el sistema silvopastoril trae efectos positivos para la presencia de fauna silvestre encontrada durante el periodo de mediciones.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo acelerado de la industria y de la sociedad, realizado de manera inconsciente, afectan el medio ambiente y en consecuencia a los ecosistemas que en el habitan, de manera que los sistemas explotados por el hombre, como el agropecuario y los sistemas silvestres de flora y fauna, se han visto afectados por esta actividad.

En consecuencia, los gobiernos de distintas naciones así como instituciones particulares, han implementado algunas alternativas de solución a los problemas ambientales, sin embargo, no siempre se cumplen o establecen como deberían. Es conveniente promover enfoques preventivos para contribuir a una calidad ambiental y manejo de los recursos naturales propicio (SEMARNAP, 1998). La silvicultura ha incrementado su importancia en las actividades ganaderas del país debido a las oportunidades que ofrece la implementación de sistemas silvopastoriles en México, sobre todo en los trópicos (Maldonado-García, 2013).

Las especies arbóreas y arbustivas son importantes fuentes de forraje, para el ganado y la fauna silvestre, principalmente durante la época de estiaje. También tienen la función de servir como refugio para aves y otras especies menores, protege al ganado de la insolación y proporcionan hojas, tallos tiernos y frutos que sirven como alimentación para animales (Román-Miranda, 2012) incluso para el mismo humano quien algunas veces también los usa como medicinales.

Los sistemas de producción animal y sobre todo en la especie bovina, se realizan con grandes carencias de asistencia técnica, falta de recursos económicos y programas de desarrollo agropecuario sustentables. Esto ha provocado un gran daño al medio ambiente y a la biodiversidad, ha promovido el cambio del uso del suelo y ha impedido un desarrollo rural equitativo y el desplazamiento de la población rural hacia las ciudades para mejorar sus condiciones de vida (Maldonado-García, 2013).

Los sistemas silvopastoriles, manejados adecuadamente, pueden mejorar la calidad de vida de las personas dedicadas a la ganadería. Sin duda la ganadería avanza a pasos agigantados, sin embargo, se trata de promover que el sector ganadero mantenga una relación equilibrada con el medio ambiente y de esta forma beneficiar a más de un ecosistema. De esta manera lograremos un uso ambientalmente sostenible de los recursos naturales sin afectarlos en desmedida.

Al ganado se le atribuye una gran parte de los problemas ambientales, aunado a esto la desertificación, la contaminación del agua y la pérdida de mantos acuíferos, sin embargo, el principal responsable de estos problemas ambientales es el ser humano, debido a sobreexplotación de los recursos naturales, es urgente establecer un sistema que permita manipular el ganado doméstico de manera amigable con el medio ambiente y así asegurar la calidad de vida del ser humano en cuestiones ambientales así como de las familias dedicadas al sector agropecuario. Una buena alternativa de producción son los sistemas silvopastoriles (SSP) que ayudan a mantener estable la relación suelo-planta-animal, participando en la propagación y conservación de especies de tipo animal y vegetal (Maldonado-García., 2013).

Los árboles de *Gmelina arborea* son de rápido crecimiento y de buena calidad maderera, al igual que otras especies introducidas en América, la melina es considerada como una de las especies de mayor potencial comercial (Obregón-Sánchez, 2006) además de su reciente uso en la alimentación animal. En su área de distribución natural se desarrolla en hábitats que varían desde húmedos hasta secos (Rojas *et al*, 2004). Por su parte, *Enterolobium cyclocarpum*, es un árbol que demuestra un alto valor forrajero a lo largo del año por ser una planta perenne, así mismo evidencia su elevado potencial para ser incorporada en las dietas de vacunos (Ojeda *et al*, 2009) y ser utilizada como especie maderable de calidad. La especie *Swietenia macrophila* se extiende del norte de Veracruz a Yucatán en México y a lo largo de Centroamérica a Venezuela. Ha sido introducida al sur de Florida, Puerto Rico e Islas Vírgenes, Cuba, Trinidad y Tobago, La India y otros países tropicales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Biodiversidad y recursos naturales

México es un país multifacético, plural y diverso en numerosos aspectos, la mega diversidad biológica de México, constituye un privilegio y un potencial para el desarrollo del país, y también una responsabilidad hacia nuestra sociedad y hacia el mundo. Sin embargo, su manejo y conservación son muy complicados (Sarukhán *et al.*, 2009). La biodiversidad representa el capital natural de la nación y es tanto o más importante que otros capitales como el financiero o el manufacturado. Por lo que todos debemos promover y adoptar una cultura de su valoración en el contexto del desarrollo de México.

La flora y fauna silvestres, son elementos de la biodiversidad, representan valores éticos, culturales, económicos, políticos, ecológicos, recreacionales, educativos y científicos, que han ido de la mano con el desarrollo de la humanidad y la historia de la tierra. México es el tercer país más diverso en el mundo, ocupa el primer lugar en riqueza de reptiles, el segundo en mamíferos y el cuarto en anfibios y plantas (Zamorano, 2009). Además de los servicios ambientales que la flora y fauna silvestres brindan, resulta imperioso y prioritario proteger y conservar los ecosistemas y hábitat representativos del país, para así procurar la sustentabilidad de los recursos naturales que en la actualidad enfrentan una de las crisis ambientales más severas, colocándonos en vísperas de presenciar una de las más grandes extinciones masivas en la historia del planeta (Zamorano, 2009).

La ubicación de nuestro país, su relieve, climas y su historia evolutiva han resultado en la gran riqueza de ambientes de flora y fauna, que nos colocan entre los primeros cinco lugares del mundo (Sarukhán *et al.*, 2009). Esta gran diversidad natural nos ofrece muchas oportunidades de desarrollo pero también nos otorga una gran responsabilidad como guardianes de la naturaleza

2.1.1 Fauna y flora silvestre

México es un paraíso para los amantes de la naturaleza, su fauna y flora es única y una de las más diversas en el mundo, de la fauna nacional de vertebrados en México el 32% es endémica (Zamorano, 2009). En el territorio están presentes los cinco tipos de ecosistemas, nueve de los once tipos de hábitat, 51 de las 191 ecorregiones identificadas y 25 de las 2 categorías de suelos reconocidos (Halffter, 1992. Citado por Zamorano, 2009).

La Fauna Silvestre es uno de los “recursos” naturales renovables básicos, junto al agua, el aire, el suelo y la vegetación; es decir, un beneficio que podemos utilizar y reponer para utilizarlo continuamente (SEMARNAT, 2009). El valor científico de la fauna, en nuestro país, es inmenso por su extraordinaria diversidad y bajo grado de conocimiento, además de que la fauna y la flora son la materia prima básica de las ciencias naturales y la investigación. Este valor se incrementa con el aporte de ciertos animales como especies indicadoras de la condición de un ecosistema o animales experimentales (SEMARNAT, 2009).

Entre 10 y 12% de las especies del planeta se distribuyen en el territorio nacional, sumando más de 200, 000 especies descritas y una infinidad que aún permanecen sin registro o descripción (Toledo, 1988; 1994, citado por Zamorano, 2009).

2.1.2 Agroecosistemas

Un agroecosistema se define como un sitio de producción agrícola visto como un ecosistema, basado en principios ecológicos y el entendimiento a los ecosistemas naturales. Los Agroecosistemas incluyen especies cultivadas y especies con las cuales comparten espacio, variación genética, distribución espacial, temporal y vertical de las especies y los procesos funcionales que ambas llevan a cabo (Pérez y Macías, 2012). Busca la producción sustentable de alimentos, materias primas, y servicios ambientales, contribuyendo al bienestar de la sociedad.

Los ecosistemas agrícolas son sistemas antropogénicos su origen y mantenimiento van asociados a la actividad del hombre, que ha transformado la naturaleza para obtener principalmente alimentos (AEET, 2007). El agroecosistema también se caracteriza por estar sometido por el hombre a continuas modificaciones de sus componentes, estas modificaciones abarcan desde el comportamiento de los individuos hasta la dinámica y composición de las poblaciones (Pérez y Macías, 2012).

2.1.3 Cuencas hídricas

Una cuenca es un sistema. Es el terreno de dónde el agua, sedimentos y materiales disueltos drenan a un punto en común a lo largo de un arroyo, humedal, lago o río. Por cada cuenca, hay un sistema de drenajes que transportan agua de lluvia a sus salidas, sus márgenes están marcadas por los puntos más altos de este terreno alrededor del cuerpo de agua (Georgia Adopt-A-Stream, 2003).

Los agostaderos funcionan como cuencas hidrológicas donde se captura, infiltra y almacena el agua para su posterior uso tanto en áreas rurales como en los centros urbanos (Carranza *et al.*, 2012). México tiene alrededor de 300 cuencas hidrológicas que debieran captar 400 km³ de agua. Sin embargo, la capacidad de estas cuencas se ha reducido debido al deterioro de los agostaderos (Carranza *et al.*, 2012).

2.1.3.1 Importancia y uso de las cuencas hídricas

Como recurso natural es utilizada por todos. Algunos de sus usos son: para tomar, cocinar, para el aseo, para actividades recreativas como nadar, navegar en bote, pescar; es un importante elemento de transportación y entre otras cosas para producir energía, además de su uso esencial en la agricultura y en la producción animal, sin embargo, ante la notoria pérdida de los recursos naturales, encontramos que los mantos acuíferos y cuencas hídricas se encuentran cada vez más deteriorados. Los árboles reducen los riesgos de erosión hídrica por medio de la protección que brindan las copas de los árboles así mismo reducen la velocidad de las gotas de lluvia (Petit & Suniaga, 2005).

Las masas de agua las podemos encontrar como océanos, lagos, lagunas, ríos y mares, que tienen una forma en particular y una gran utilidad en su combinación con los ecosistemas, las cuencas hidrográficas son de gran importancia para la conservación de la tierra y de todo ser vivo que en ella habita.

2.1.4 Recurso Suelo

El suelo puede definirse como la composición de materia orgánica, minerales y agua, sin embargo, existen diferentes tipos y texturas. La infiltración del agua en el suelo muestra una mejora en la estructura superficial (Murray *et al.*, 2012).

El suelo es considerado también como un cuerpo natural involucrado en interacciones dinámicas con la atmósfera y con los estratos que están debajo de él, que influye en el clima y en el ciclo hidrológico del planeta, y que sirve como medio de crecimiento para diversos organismos (GeoMéxico., 2004).

Así como en México y a nivel mundial, el suelo sufre una degradación acelerada como consecuencia principalmente de diversas actividades humanas (GeoMéxico., 2004). El cambio en el uso del suelo es una de las principales amenazas para el sector agropecuario (Carranza *et al.*, 2012).

2.1.4.1 Importancia y uso del suelo

El suelo es un subsistema fundamental del ecosistema forestal, con características físicas, químicas y biológicas decisivas en su fertilidad (Fassbender., 1966. Citado por Murray *et al.*, 2010). Las principales características físicas que influyen sobre la estructura del suelo son la profundidad del espacio enraizable; el régimen de agua (agua útil y drenaje) y de aire (Murray *et al.*, 2010). La infiltración del agua en el suelo muestra una mejora en la estructura superficial.

2.1.4.2 Características físicas y químicas del suelo

La proporción de los minerales primarios de arcillas, determinan las propiedades físicas y químicas de un suelo (Murray *et al.*, 2010). Las propiedades físicas del suelo se deben al aporte diferencial de hojarasca proveniente de las especies agroforestales, que originan aumento en la materia orgánica edáfica y en consecuencia una mejora de la estructura.

Es importante mencionar que el suelo es un recurso natural no renovable compuesto de partículas físicas y químicas que lo diferencian entre sí, la estructura del suelo se ve afectada por la aireación, el movimiento del agua, el crecimiento radicular de las plantas y la resistencia a la erosión (Porta *et al.*, 2003).

2.1.4.3 Texturas y Color

Para estudiar un suelo se requiere a los rasgos morfológicos porque son fácilmente observables y reflejan la acción de los procesos formadores del suelo (Porta *et al.*, 2003). La distinta proporción de arena, limo y arcilla define la textura del horizonte. El color del suelo es una propiedad que interfiere en otras propiedades.

2.1.4.4 Materia Orgánica

Se refiere a la existencia de restos y residuos orgánicos incorporados al suelo y si están más o menos transformados, la cantidad de materia orgánica (M.O) se estima a partir del color y se verifica con un análisis de laboratorio (Porta *et al.*, 2003). La M.O no humificada se integra por biomasa vegetal procedente de la parte aérea de la vegetación y raíces, y de restos, deyecciones y secreciones de animales (Porta *et al.*, 2003).

2.1.4.5 pH del suelo

El pH es una propiedad química del suelo. Su escala va de 0 a 14 en disolución acuosa siendo ácidos los suelos con un pH, menor a 7, y alcalinos los que tienen un pH mayor a 7, cuando el pH es igual a 7 se dice que es un suelo neutro (Geissert & Barois 2012).

2.1.4.6 Humedad del suelo

Se refiere al contenido de agua y hace referencia al contenido húmedo en el momento de estudio (Porta *et al.*, 2003). La cantidad de agua en el suelo está determinada por la cantidad de lluvia y las propiedades químicas, físicas, arquitectura y estructura del suelo (Murray *et al.*, 2010).

2.2 Cambio climático y Ganadería

El aumento acelerado de la población humana trae consigo un evidente incremento de alimentos y a su vez un daño desmedido al medio ambiente por satisfacer las necesidades básicas del ser humano. El cambio climático es resultado del uso intensivo de la atmósfera como receptora de emisiones de los gases de efecto invernadero: dióxido de carbono, metano y óxido nitroso (Solorio *et al.*, 2014).

El calentamiento global es la manifestación más evidente del cambio climático y se refiere al incremento promedio de las temperaturas. Los gases producidos por estas actividades se liberan a la atmósfera y cambian su composición. También contribuye el proceso acelerado de pérdida de bosques y vegetación en regiones muy amplias de nuestro país (Solorio *et al.*, 2014).

Actualmente la vida silvestre se ha convertido en un producto rentable para los propietarios de los ranchos o ejidos, por lo que les conviene a sus titulares proteger los ecosistemas y preservar la población de las especies, cuidar su desarrollo y calidad, incluso invertir en complementos alimenticios, aprovechando los recursos de manera no extractiva (Zamorano., 2009). Dado el manejo de los recursos naturales del pastizal a través de la ganadería extensiva, es importante dar seguimiento a su producción, a su capacidad de carga, y a la condición de la vegetación en la cual se sustenta la ganadería y que las dos formen parte de la cuenca. Los agostaderos son áreas naturales que por tener ciertas características no son aptas para la agricultura (Carranza *et al.*, 2012). Sin embargo en la mayoría de los casos solo se procura la producción animal y no se toma ningún tipo de medida para evitar el problema ambiental que causa la ganadería.

Ante la escases de forrajes y los costos elevados de los alimentos balanceados, los ganaderos tienden a buscar nuevas áreas para extender las zonas de pastoreo, siendo una de las causas principales de la deforestación y emisión de gases de efecto invernadero con fuertes implicaciones en el cambio climático (Solorio *et al.*, 2014). Algunas estimaciones afirman que la ganadería contribuye en un 18% al cambio climático, produce el 9% de las emisiones de dióxido de carbono (CO₂), el 37% de las emisiones de gas metano (CH₄) y el 65 % de las de óxido nitroso (N₂O).

2.2.1 Problemática ambiental

El desarrollo de la humanidad depende totalmente de los ecosistemas y los servicios ambientales que nos brindan; a pesar de ello, hasta ahora no hemos sabido valorarlos (Sarukhán *et al.*, 2009). El cambio climático es considerado en la actualidad como el problema global más importante debido a su impacto sobre los recursos hídricos, los ecosistemas, la biodiversidad, los procesos productivos, la infraestructura, la salud pública, y en general sobre los diversos elementos que conforman el proceso de desarrollo (Ku Vera *et al.*, 2014).

Problemas como la falta de agua, la contaminación, el ordenamiento urbano, la tala y caza clandestina y la ganadería desconsiderada, forman parte de las amenazas para el país, aunque los riesgos son cada vez más notorios no existe ni se ha puesto en marcha un plan verdaderamente serio para reducir estos efectos.

Factores directos e indirectos, traen como consecuencia la disminución de la biodiversidad, el deterioro de servicios ambientales y, por ende, la reducción del bienestar humano, lo que contradice a lo especificado en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos respecto a las garantías individuales sobre el goce de un medioambiente adecuado para el desarrollo y bienestar de las personas (Zamorano., 2009).

La prevención de la contaminación ambiental representa un enfoque orientado a su reducción y evitación de la misma con el fin de preservar la calidad ambiental y minimizar el impacto sobre los ecosistemas (SEMARNAP., 1998). México no es la

excepción, y el cambio climático ocupa un lugar preponderante en la política pública de la administración federal. México es particularmente vulnerable a eventos climáticos extremos como huracanes, inundaciones, sequías y ondas de calor y de frío (Ku Vera *et al.*, 2014).

2.2.2 Contaminación agropecuaria

La producción agropecuaria está muy relacionada con el cambio climático, al cual contribuye, pero del cual también se perjudica (Ku Vera *et al.*, 2014). Desde cualquier ángulo que se la mire, escalas de producción, nivel de ingreso, patrones tecnológicos, sistemas agroecológicos, la agricultura mexicana es extremadamente heterogénea; sin embargo, se le puede caracterizar por ser el reducto de la población más pobre del país, por su bajo nivel tecnológico y por el deterioro de los recursos naturales que emplea (Pérez., 2008).

Las principales causas que provocan la degradación de suelos en el país, son el sobrepastoreo, la deforestación y el cambio de uso del suelo, debido principalmente a actividades agropecuarias (GeoMéxico., 2004). Ha sido a partir de los años 80's cuando empezó a dársele importancia al deterioro de los recursos naturales debido a la producción agropecuaria, y así se han detectado diez estados que superan la capacidad de los ecosistemas siendo estos Sinaloa, Jalisco, Guanajuato, Querétaro y el estado de México (Carranza *et al.*, 2012).

En el ganado rumiante, una vez que es ingerido el alimento, ocurren pérdidas importantes de energía en las heces, la orina y en el eructo. Son de especial importancia las pérdidas de energía en el eructo como gas metano (CH₄) porque una vaca de 500 kg de peso puede producir diariamente hasta unos 600 litros de gas metano que es vertido al ambiente con el consecuente efecto sobre el cambio climático (Ku Vera *et al.*, 2014).

El sector agropecuario es el principal usuario del agua en la mayor parte del mundo, así como el mayor generador de contaminación difusa. La extracción promedio de agua dedicada al riego agrícola es de 70% con extremos que van desde el 3% hasta

el 92% (World Resources Institute, 2003 citado por Pérez-Espejo, 2008). Estos son solo algunos ejemplos. En México el sector agropecuario usa el 78% del agua extraída (Pérez-Espejo, 2008).

2.2.3 Mejoramiento Ambiental

Los sistemas silvopastoril disminuyen significativamente el estrés por altas temperaturas en los animales al proveer sombra en los meses de estiaje y en las horas de mayor insolación y así mismo reduce el consumo de energía utilizado para alimentarse (Petit & Suniaga., 2005). Los montes o bosques nativos pueden incrementar su producción natural de maderas valiosas mediante un manejo planificado, racionalizando el impacto sobre el ambiente y el costo de cada intervención (Murray *et al.*, 2010).

El saber del campesino que se desarrolla en varias comunidades ha permitido el aprovechamiento y potenciación de la biodiversidad a partir de combinar cultivos anuales con perennes, árboles y vegetación nativa, barbechos y animales en diferentes arreglos espaciales y temporales, y distintas prácticas agroecológicas conformando un sistema de producción complejo para atender su situación problemática relativa a restricciones ambientales y socioeconómicas (Pérez y Macías., 2012).

No existe una receta o guía como tal que garantice el mejor manejo de los sistemas sin embargo debe emplearse el que mejor se adapte a la región y genere beneficios ambientales, económicos y sociales (Carranza *et al.*, 2012). Instancias del sector público en México tales como SAGARPA y SEMARNAT podrían contribuir a definir una estrategia común en el sector primario para abatir las emisiones de metano entérico provenientes de la ganadería a través de la implementación de metodologías validadas para reducir las emisiones de metano ruminal (Ku Vera *et al.*, 2014).

2.3 Sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles, son sistemas de uso de la tierra donde coexisten en la misma unidad productiva la ganadería y la actividad forestal, aprovechando las interacciones positivas y minimizando las negativas que se establecen entre los componentes animal, vegetal y suelo (Carranza y Ledesma., 2009). Los SSP son dinámicos y sus cambios en el tiempo tienen que ver con la variación de las relaciones de los componentes del sistema.

El sistema silvopastoril (SSP) es una opción de producción animal en el cual árboles y arbustos conviven con los pastos, hierbas y animales, en un mismo espacio, bajo un manejo armónico (Maldonado García., 2013). El SSP es una estrategia de manejo en los ranchos productivos ya que además de proporcionar forraje para los animales provee de materias primas al hombre tales como madera, leña e incluso fruta, así mismo se llega hacer uso de estos recursos de forma medicinal. También se encuentra que el SSP es una buena alternativa para la producción bovina debido al ramoneo de plantas, arbustos y árboles taniníferos que disminuyen la carga parasitaria. Cuando se asocian árboles + forraje + ganado, estamos ante una combinación silvopastoril silvo=árbol y pastoril=pastoreo (Petit & Suniaga., 2005).

Los sistemas silvopastoriles, son una alternativa de producción sostenible desde el punto de vista ecológico, económico y social en los sistemas de producción ganadera (Gómez *et al.*, 2012). Los SSP son valiosos en la conservación y preservación de la fauna, ya que aumentan la cobertura arbórea y arbustiva, y la disponibilidad de alimentos (Solorio *et al.*, 2014). La utilización masiva de recursos silvícolas ayuda a disminuir el estrés causado por las altas temperaturas en la época de estiaje. El silvopastoreo es una práctica agroforestal, diseñada para la producción de árboles de uso múltiple y ganado (Petit & Suniaga, 2005) en otras palabras es el manejo de árboles, ganado y forrajes en un sistema integrado.

Por otra parte tenemos que los sistemas silvopastoriles intensivos, juegan un papel primordial en la recuperación de pasturas deforestadas y degradadas para convertirlos en sistemas altamente productivos y eficientes en el reciclaje de

nutrimentos, la reducción de estrés por calor en las especies ganaderas y la conservación de flora y fauna silvestre. Los trópicos tienen el potencial de tener los sistemas más productivos en el mundo, existen en forma abundante y libre los elementos principales que las plantas necesitan para su crecimiento y producción (Ramírez *et al.*, 2014).

2.3.1 Cercas vivas

En el SSP las cercas vivas se consideran como una línea de árboles o arbustos que delimitan una propiedad, en seguida de estos servicios, ofrecen sombra, frutos, leña, flores, pueden ser también un factor que caracterice o forme un paisaje. Las cercas vivas pueden conformarse de especies leñosas o de la combinación de estas con postes muertos, son utilizadas en la división de potreros y la delimitación de unidades de producción o ranchos, se utilizan árboles o arbustos para soportar el alambre de púas (Uribe *et al.*, 2011).

Sirven también como conservación de la biodiversidad y de las especies nativas, como hábitats para aves, insectos y algunos pequeños mamíferos. Las cercas vivas se pueden conformar con especies forestales o frutales que además aportan ingresos extras al productor, así mismo ayudan a mantener la humedad del suelo, promueven la retención de agua, mejoran la estructura, incrementan la fertilidad del suelo por su aporte de materia orgánica (Uribe *et al.*, 2011) y colaboran como captadores de nitrógeno y carbono atmosférico.

2.3.2 Barreras

Las barreras vivas son otro tipo de SSP que pueden presentarse en forma de cultivo en callejones en terrenos con pendientes pronunciadas, el objetivo es proteger el suelo contra la erosión, reduciendo la velocidad de la bajada del agua y atrapando partículas de suelo (Maldonado 2013). Las barreras o cortinas rompevientos también son un hábitat para distintas especies animales y pueden formar parte de un paisaje.

Es una práctica de control que puede ser utilizada en áreas agrícolas, pastizales, áreas desprovistas de vegetación y en zonas urbanas también. Reducen la velocidad del viento y el movimiento del suelo, conservan la humedad y regulan las condiciones del microclima, además de incrementar la belleza del paisaje (SEMARNAT, 2010)

2.3.3 Árboles y arbustos dispersos

A pesar de que los productores conocen de las ventajas de los servicios que ofrecen los árboles al tenerlos dentro de los potreros, no hay un aprovechamiento potencial de los árboles, son manejados bajo conocimientos locales. Se necesita estandarizar la densidad arbórea, que pueden ser mantenidas dentro de los potreros, asimismo ampliar los conocimientos de usos de las especies existentes, para diversificar las especies (Martínez *et al.*, 2011).

La asociación de árboles con arbustos y gramíneas mejora la digestibilidad y permiten un mejor aprovechamiento del suelo y agua en el sistema así como también se mejoran las condiciones de pastoreo. Los árboles y arbustos forrajeros constituyen un recurso estratégico para mejorar los sistemas ganaderos, sin embargo el valor nutricional de dichas especies casi siempre es desconocido por los ganaderos (Lara *et al.*, 2012).

2.3.4 Plantaciones maderables y frutales

Este sistema se refiere al aprovechamiento de pastizales y animales en plantaciones de especies maderables y frutales, es una alternativa que permite al productor diversificar la producción, con lo cual se busca generar ingresos tempranos antes del turno forestal y reducir costos del control de malezas durante los primeros años (Villanueva *et al.*, en Maldonado 2013).

La regeneración de pastos en las plantaciones forestales, y la influencia económica y cultural que la ganadería mantiene ocasiona que diversos ganaderos introduzcan o reintroduzcan sus animales dentro de las plantaciones forestales a diferentes tiempos de vida de la plantación, lo cual varía de 2 a 3 años, cuando a criterio de los ganaderos

los árboles ya resisten la defoliación, rascado, pisoteo, entre otras acciones (Villanueva *et al.*, en Maldonado 2013).

2.3.5 Bancos de proteína

Son áreas plantadas con altas densidades de reconocido valor forrajero, proteína cruda y digestibilidad, para alimentar el ganado, también puede producir leña según el manejo (Maldonado 2013). Pueden establecerse en lugares cercanos al pastoreo y controlarse o usarse mediante ramoneo.

Un banco de proteína puede verse también como un área compacta, sembrada con leguminosas forrajeras herbáceas, rastreras o erectas, o bien de tipo arbustivo, que se emplean para corte o pastoreo por rumiantes (bovinos, ovinos o caprinos), como complemento al pastoreo de praderas de gramíneas, principalmente en las regiones tropicales (SEMARNAT, 2010).

2.3.6 Beneficios de los sistemas silvopastoriles

Sin duda entre las ventajas de los sistemas silvopastoriles podemos numerar una gran cantidad, sin embargo, es importante mencionar las principales y más conocidas. El manejo de sistemas silvopastoriles puede enfocarse a un amplio rango de objetivos y beneficios, que van desde la eficiencia productiva de madera y productos pecuarios, hasta la recuperación de áreas degradadas o el manejo para la conservación (Carranza & Ledesma., 2009).

Los SSP son una importante fuente de conservación de la fauna silvestre ya que los árboles que en él participan sirven como hábitat para varias especies de aves principalmente y estas a su vez colaboran en la dispersión de semillas de dichos árboles. Petit & Suniaga (2005) mencionan que los animales y los árboles no tan solo pueden cohabitar sino que, pueden proporcionar una fuente adicional de ingresos en tierras anteriormente utilizadas para cultivos y ganadería.

Los árboles pueden reducir la velocidad del viento, lo que ayuda enormemente a reducir los efectos de las temperaturas ambientales sobre los animales. Esto puede

disminuir significativamente el estrés en los animales y así reducir el consumo de energía utilizado para alimentarse.

Los beneficios para los agricultores y ganaderos incluyen una mejor salud de los animales, disminución del gasto en alimentos y un mayor ingreso. Al proveer sombra durante los meses de la estación seca y en las horas de mayor insolación del día, los árboles pueden reducir el estrés en los animales causado por radiación o altas temperaturas y protegerlos de ráfagas de viento caliente. En condiciones tropicales, se ha observado que la temperatura bajo la copa de los árboles se encuentra en promedio 2 a 3°C por debajo de la observada en áreas abiertas y bajo condiciones específicas baja hasta 9°C (Ku Vera *et al.*, 2014).

En un SSP los árboles colaboran en la reducción de la velocidad de las gotas de lluvia y permiten una mayor percolación del agua en el suelo. Por lo tanto, contribuyen a reducir los riesgos de erosión hídrica por medio de la protección brindada por la copa de los árboles (Petit & Suniaga., 2005).

Los árboles crean un paisaje estéticamente más agradable, proveen una fuente de ingresos y actividades económicas y crean un ambiente armónico. Al plantar árboles los agricultores pueden incrementar su propia seguridad alimentaria lo que se refleja en un beneficio ambiental global para todos.

2.3.7 Establecimiento de Sistemas Silvopastoriles

Los SSP están conformados principalmente por asociaciones de gramíneas con leguminosas (Ramírez *et al.*, 2014). Se involucra una amplia diversidad de plantas y de procesos biológicos, se implica la siembra de especies herbáceas, arbustivas arbóreas, las cuales interactúan entre sí para propiciar una mejora en la productividad del sistema y en los servicios ambientales que proporciona.

La selección de los árboles debe basarse principalmente en el uso: sombra, forraje, madera, frutal, medicinal. Este componente proporciona confort y bienestar a los animales (Ramírez *et al.*, 2014). El establecimiento puede realizarse en áreas

deforestadas, en pasturas degradadas, en agostaderos o dentro de sistemas agrícolas existentes (Carranza & Ledesma, 2009).

Para el establecimiento de los sistemas silvopastoriles además de la selección de árboles también pueden considerarse otros factores como estudio del suelo, preparación del mismo, poda y entresaca de árboles, manejo agronómico del suelo, preparación de semillas o estacas según sea el caso de plantación, siembra, control de malezas y hasta un análisis de costos (Uribe, 2011).

2.4 Sistemas agroforestales

El suelo es un subsistema fundamental del ecosistema forestal con características físicas, químicas y biológicas decisivas en su fertilidad, y que a su vez determinan sus propiedades y los cambios que ocurren a través de la influencia por efecto del cambio de uso de la tierra (Murray *et al.*, 2012). Los sistemas agroforestales (SA) implantados con ocho años de anterioridad han mostrado un incremento hasta de 85% en materia orgánica por aporte de residuos. Un aspecto significativo de la mayoría de los sistemas es su permanencia temporal y espacial, así como su sustentabilidad, ya que protegen los recursos naturales nativos y cultivados así como la conservación de otras especies de organismos, proporciona beneficios económicos para los productores locales, y mejora las condiciones sociales de la región (Rosales *et al.*, 2008).

Los SA proporcionan una gran variedad de recursos, productos y servicios a los propietarios y pobladores del área, ya que de ellos se obtienen frutos, forrajes, madera, herramientas y medicinas, o bien aseguran la disponibilidad de un recurso durante todas las épocas del año, también proveen servicios ambientales como protección, delimitación de praderas, microclima, ciclo de nutrientes, mantenimiento de diversidad biológica, y agrobiodiversidad, entre otros (Rosales *et al.*, 2008). En los sistemas agroforestales, la incorporación de especies arbóreas valoriza un servicio ambiental como el almacenamiento de carbono en árboles, y se suma así a posibles beneficios para el productor que adopta estos sistemas alternativos, beneficios hídricos en relación con el incremento producto pastizal y bosque, y beneficios al nivel de

fijación de carbono por medio de “bonos verdes” o “de carbono” (Solorio *et al.*, 2014).

México cuenta con una variedad de ecosistemas forestales que van desde selvas bajas en el trópico seco como numerosas selvas altas en las zonas tropicales más húmedas, bosques templados, vegetación hidrófila e inducida, así como de matorrales y pastizales, los cuales dan cabida a una enorme variedad de ambientes y grupos biológicos (Flores-Orjuela y Flores-Orjuela, 2013).

2.4.1 Agroforestería

Agroforestería es conocida como la ciencia que incluye los árboles en la ganadería y definida como el conjunto de técnicas que implican la combinación de árboles con cultivos o con animales domésticos o la combinación de los tres. (Petit & Suniaga, 2005). Por otra parte Gómez *et al.*, (2012), manifiesta que la Agroforestería consiste en la combinación intencional de árboles, plantas forrajeras, y ganado en la misma superficie, buscando la estabilidad ambiental, económica y social.

La Agroforestería también es llamada agrosilvicultura por ser un sistema productivo que puede integrar árboles y especies herbáceas o forrajeras y ganado en una misma unidad. Se orienta principalmente a mejorar la productividad y ser al mismo tiempo ecológicamente sustentable, de la misma manera que también trae consigo beneficios ambientales en diversificación de producción y vida silvestre y reciclaje de nutrientes (Rosales *et al.*, 2008).

2.4.2 Especies arbóreas

El manejo de especies arbóreas en la ganadería tropical es una alternativa para un mejor uso de los recursos naturales nativos: muchos árboles tropicales son multipropósito y pueden ser incluidos en los potreros para formar sistemas silvopastoriles (Cervantes *et al.*, 2012). En zonas tropicales, la producción de frutos de muchas especies arbóreas sucede de manera natural entre marzo a junio, coincidiendo con la temporada en que la producción de las gramíneas es más baja.

El follaje y frutos de algunos árboles tropicales contienen metabolitos secundarios como taninos y saponinas que poseen potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los rumiantes (Ku Vera., 2014).

Es importante conocer los árboles forrajeros en los sistemas silvopastoriles y forestales y otros usos complementarios de los mismos a través de las experiencias de productores y personas dedicadas al área, para hacer un uso más eficiente de ellos.

2.4.2.1 Enterolobium cyclocarpum

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la parota

Reino	Plantae
División	Fanerógama Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae (leguminosa)
Género	<i>Enterolobium</i>
Especie	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq) Griseb 1860
Nombre científico	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>



Figura 1. Árbol de Parota

- **Nombres comunes**

Parota, Guanacastle, cascabel sonaja, orejón, piche.

- **Origen y distribución**

Nativa de México y América tropical (Centroamérica y Norte de Sudamérica). Se encuentra ampliamente distribuida en la vertiente del Golfo desde el sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán y en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas. Se extiende del sur de México a través de Centroamérica

hasta el norte de Sudamérica (Venezuela y Brasil).

- **Descripción**

Árbol grande y llamativo, la copa es hemisférica más ancha que alta y el follaje es abundante. Libre de competencia por luz y puede alcanzar grandes diámetros. Hojas bipinnadas con 4 a 15 pares de pinnas opuestas, miden de 15 a 40 cm de largo; folíolos numerosos de color verde brillante que se pliegan durante la noche. Tronco derecho a veces con pequeños contrafuertes en la base, ramas ascendentes. Corteza lisa a granulosa, flores en pequeñas cabezuelas pedunculadas, el fruto es una vaina circular. Se encuentra en asociaciones primarias de selvas medianas subcaducifolias y caducifolias. Altitud de 0 a 800 m.

- **Composición**

La composición química y el nivel de astringencia de la fracción comestible del follaje de plantas de *E. cyclocarpum* localizadas en un bosque seco tropical semicaducifolio demuestran el valor forrajero a lo largo del año de esta planta perenne, y evidencian su elevado potencial como una fuente suplementaria de nutrientes (Ojeda *et al*, 2009). Así mismo *E. cyclocarpum* ha mostrado superioridad del follaje en cuanto a suministro de calcio con respecto a algunas gramíneas tropicales. Ojeda *et al.*, (2009) concluyeron que el follaje puede ser empleado como una fuente de suplemento de nutrientes en bovinos bajo un sistema silvopastoril, en áreas de bosque tropical seco. La composición de aminoácidos de la semilla es comparable a la de algunas harinas como la del trigo y pescado. Las semillas contienen hierro, calcio, fósforo y 234 mg de ácido ascórbico. Hess *et al* (2003) citado por Ku Vera, (2014), concluyó que los frutos de *E. cyclocarpum* contienen 19.0 mg de saponinas crudas las cuales contribuyen a disminuir la población de protozoos en el rumen y a la modificación de flora y densidad microbiana lo cual tiene efecto sobre la producción de metano ruminal.

- **Usos**

El uso de la hoja de la parota, en la alimentación animal es atractivo debido a la presencia de valores intermedios de proteína y el aumento de la digestión (Ortiz *et al.*, 2012). Se le usa como leña, especie con potencial para reforestación productiva en zonas degradadas de selva. Suele utilizarse como sistema agroforestal cafetalero de montaña y silvopastoril, como arboles dispersos para sombra y ramoneo en zonas ganaderas. Usos como madera aserrada, paneles, triplay, fabricación de canoas y muebles. La corteza y vainas se utilizan en infusiones para curar el salpullido, la goma es empleada como remedio para la bronquitis y resfriado, la pulpa de las vainas verdes se usa como sustituto de jabón, es un elemento de valor en la apicultura.

2.4.2.2 *Gmelina arborea*

Cuadro 2. Clasificación taxonómica de la melina

Reino	Plantae
División	Angiospermae
Clase	Eudicotyledoneae
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Lamiaceae
Género	<i>Gmelina</i>
Especie	<i>Gmelina arborea</i> Roxb 1814
Nombre científico	<i>Gmelina arborea</i>



Figura 2. Árbol de melina

- **Nombres comunes**

Melina, shivani, gumadi, teca blanca, kasmhir.

- **Origen y distribución**

Es una especie nativa del sureste asiático. En su área de distribución natural se desarrolla en hábitats que varían desde húmedos hasta secos (Rojas, 2004) abarca desde el nordeste de Pakistán hasta el sudeste de Camboya, India y el sur de China

- **Descripción**

Los arboles de *Gmelina arborea* son de rápido crecimiento y de buena calidad maderera, al igual que otras especies introducidas en América, la melina es considerada como una de las especies de mayor potencial comercial (Obregón, 2006). Es de rápido crecimiento, tiene facilidad de manejo. Especie de corta vida, cuya edad no supera los 30 años. Altura de 30-60 metros y hasta 100 cm de diámetro, acelerado crecimiento hasta los 5-6 años de haber sido plantada.

- **Composición**

Cuenta con propiedades adecuadas tanto físicas como mecánicas y la versatilidad de usos de la madera, es moderadamente liviana. Tiene un 15% de humedad, impregnación moderadamente fácil.

- **Usos**

Recientemente se ha notado su uso en el pastoreo de ganado al usar sus hojas como forraje y frutos y corteza como fuente secundaria de alimentación para el ganado. Usada en sistemas agroforestales junto con otras especies como tabaco, habichuela, maíz, café y cacao. Se usa como cerca viva, barreras protectoras, cortinas, rompevientos o como especie ornamental en avenidas y jardines. Su fibra es usada contra fiebres biliosas, de sus flores se extrae miel de excelente calidad, es una especie recomendada para el cultivo del gusano de seda.

2.4.2.3 Swietenia macrophylla

Cuadro 3. Clasificación taxonómica de la caobilla o zopilote

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales
Familia	Meliaceae
Género	<i>Swietenia</i>
Especie	<i>Enterolobium cyclocarpum</i> King 1886
Nombre científico	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>



Figura 3. Árboles de caoba

- **Nombres comunes**

Caoba, Caobilla, Caobo, Zopilote.

- **Origen y distribución**

Se extiende del norte de Veracruz a Yucatán en México y a lo largo de Centroamérica a Venezuela. Ha sido introducida al sur de Florida, Puerto Rico e Islas Vírgenes, Cuba, Trinidad y Tobago, La India y otros países tropicales. Se encuentra muy distribuida en el trópico seco pero también en áreas de alta humedad.

- **Descripción**

Árbol perennifolio o caducifolio de 35 hasta 70 m de altura, diámetro de 1 hasta 3.5 m. Se caracteriza por tener hojas paripinadas desde 5 a 50 cm de largo dependiendo de la edad del árbol, su requerimiento de temperatura es de 24°C promedio. Altitud: 200 a 1,500 m. Tronco derecho ligeramente acanalado, pocas ramas gruesas ascendentes. Fruto leñoso, ovoide, de 40 a 60 semillas muy livianas de 1 cm por fruto,

color canela. Sexualidad monoica, vive en terrenos muy diversos desde suelos poco profundos y pantanosos hasta suelos aluviales arcillo-arenosos profundos.

- **Composición**

Alto contenido de taninos, descomposición foliar lenta. Textura mediana, dureza moderadamente blanda y quebradiza, resistente a hongos de pudrición y termitas.

- **Usos**

Es usado por su excelente madera y en sistemas silvopastoriles como proveedor de sombra y por el consumo de su follaje tierno por los animales. De manera artesanal para artículos torneados, esculpidos e instrumentos musicales, con el fruto seco forman flores y se obtienen hermosos arreglos. Usado en la construcción rural y decoración de interiores. Obtención de aceite para cosméticos, implementos agrícolas, madera preciosa se utiliza para embarcaciones, partes de molinos, instrumentos científicos, fabricación de muebles. De forma medicinal infusión de corteza y semillas como tónico, contra tifoidea, diarrea y fiebre, calmante en el dolor de muelas, también usado en la apicultura (flor).

2.4.3 Especies arbustivas

Los arbustos forrajeros forman parte de un recurso estratégico clave para mejorar los sistemas ganaderos de México. Las especies arbustivas seleccionadas son un importante recurso para ser incluidas en sistemas silvopastoriles, pocos estudios han evaluado el potencial de los árboles y arbustos locales que proporcione información del potencial silvopastoril teniendo como expectativa el manejo sustentable de los recursos naturales.

Las regiones tropicales del país cuentan con una riqueza inexplorada de arbóreas y arbustivas con potencial forrajero, su escasa validación puede aumentar cuando los estudios de estas especies hayan avanzado (Cab *et al.*, 2012). Estas especies nativas forman parte de la dieta en forma natural que consume el ganado o que ellos mismos

seleccionan en el pastoreo. La combinación de arbustivas leguminosas asociadas a gramíneas hace menos susceptibles los cambios bruscos de producción y calidad del forraje en comparación a las gramíneas en monocultivo (Solorio *et al.*, 2014).

El potencial forrajero de especies arbustivas contribuye en cantidad y calidad a conformar la dieta del ganado y fauna silvestre que las consumen. Las especies arbustivas seleccionadas son un importante recurso para ser incluidas en sistemas de producción silvopastoril, es conveniente investigar más sobre palatabilidad, preferencias de consumo y formas de propagación, de las especies arbustivas seleccionadas por el ganado (Lara *et al.*, 2012). El follaje y frutos de algunos arbustos tropicales contienen metabolitos secundarios como taninos y saponinas que poseen potencial para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero provenientes de los rumiantes (Ku Vera., 2014).

2.4.4 Establecimiento de plantaciones

El establecimiento puede realizarse a partir de árboles provenientes de viveros o mediante estacas, también de germinados locales, es recomendable realizar previamente un análisis de suelo para conocer las condiciones del terreno (Uribe *et al.*, 2011). Para el establecimiento de árboles debe hacerse una selección fácil y práctica donde se identifiquen principalmente especies conocidas que tengan al menos un uso ganadero y económico, que provean de sombra, fruta, madera o forraje (Ramírez *et al.*, 2014).

La información sobre las especies es una fuente valiosa para diseñar los sistemas de producción eficientes y ser una base para la formulación de futuras propuestas de mejora en relación a los sistemas establecidos y nuevos establecimientos. Estos sistemas en los que se combinan diversas formas de producción animal con árboles responden a la sostenibilidad agropecuaria sin dañar el medio ambiente.

La introducción de especies arbóreas y arbustivas resistentes a las diversas inclemencias del tiempo también es un punto clave para el éxito en los establecimientos de los sistemas silvopastoriles.

2.4.5 Selección de semilla

Para determinar la pureza y calidad de la semilla se puede realizar la siguiente prueba; de un kg de semilla se pesan las semillas dañadas por insectos u otros factores, esta cantidad no debe sobrepasar el 3% así mismo las impurezas encontradas en un kg no debe ser mayor al 3% (Uribe, *et al* 2011). Es necesario seleccionar la semilla más grande y que no tenga malformaciones.

Para la recolección de semilla es importante primero seleccionar el árbol por su tipo y características físicas, fecha o época de colección y estrategias de selección, es importante también la correcta selección de semillas viables, volumen de las mismas, equipo y personal disponible y las condiciones de seguridad para el árbol en cuestión y para las personas que colectan.

2.4.5.1 Porcentajes de germinación

Es necesario reforzar la información sobre germinación, establecimiento y manejo de praderas sembradas con árboles maderables o multiusos y arbustos (Cab *et al.*, 2012). Al momento de la germinación es importante mantener los cuidados adecuado, proteger el germinado de los rayos solares y de animales que pudieran consumirlos o dañarlos, también es necesario cuidar la provisión de agua que es sumamente importante en esa etapa.

2.4.6 Medidas dasométricas

La dasometría es la ciencia forestal que se ocupa de la medición de los árboles y masas forestales. Para fines de estudio se acostumbra a dividir la dasometría en dos partes: la dendrometría que consiste en la medición y estimación de las dimensiones de árboles y bosques desde un punto de vista estático; y la epidometría que es la medición y estimación del crecimiento y productos de árboles y bosques desde un análisis dinámico (Ugalde, 1981). El crecimiento de los árboles depende de su edad, la especie y la capacidad productiva de una localidad, denominada calidad de sitio. La dasometría es un recurso de ayuda para evaluar tanto sistemas forestales como sistemas agroforestales, agrosilvopastoriles y silvopastoriles.

2.4.6.1 Mediciones y Estimaciones

La medición directa solo requiere de algunos instrumentos para medir dimensiones accesibles, sin embargo, no siempre es posible medir ciertas dimensiones por lo que resulta más fácil calcularlas que medirlas.

Las estimaciones son un producto de cálculos que permiten determinar magnitudes sin medirlas directamente (Ugalde, 1981). Es importante mencionar que la medición en sí representa la lectura o valor de un variable particular.

2.4.6.2 Diámetros y circunferencias

Son medidas básicas en cualquier árbol, para efectos prácticos y mediciones que no requieren precisión del diámetro puede considerarse equivalente a la circunferencia. Cuando la sección en el diámetro no es circular se toman dos o más diámetros (Ugalde., 1981). Para medir el diámetro puede utilizarse cualquier cinta graduada en mm, cm, m, según la preferencia del personal. La representación más conocida es la medición del diámetro a la altura del pecho (DAP).

2.4.6.3 Diámetro de copa o cobertura aérea

Se mide el diámetro de la dimensión de la copa sobre el suelo, pocas veces es circular por lo que debe medirse en dos direcciones perpendiculares.

2.4.6.4 Alturas

La altura es una variable necesaria para estimar el volumen, crecimiento y para la clasificación de sitios (Ugalde., 1981). Se distinguen cuatro tipo de alturas: altura total, la que va del suelo hasta el ápice de la copa; altura del fuste, la que va del suelo hasta la base de la copa; altura de la copa, la diferencia entre las dos anteriores y altura comercial, la parte que puede utilizarse para la venta.

La altura puede medirse directamente con varas graduadas cuando los árboles tienen una estructura que permite hacerlo de esta forma, o bien utilizando un instrumento de medición.

III. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo se realizó en la comunidad Palmar Grande, municipio de Tlatlaya en el Estado de México, donde se evaluó un sistema silvopastoril establecido con árboles de una especie introducida y dos nativas, *Gmelina arbórea* (Melina), *Enterolobium cyclocarpum* (parota) y *Swietenia macrophila* (caobilla o zopilote), respectivamente.

La evaluación del Sistema Silvopastoril establecido en la región, ayudó a conocer los beneficios de este sistema principalmente el desarrollo fenológico de los árboles establecidos con lo que se ayuda a mejorar el medio ambiente, la ganadería y en consecuencia la economía familiar campesina, así como también permitió conocer de manera amplia y variada algunos factores consecuentes al establecimiento tales como la reducción de estrés por calor el ganado que pastorea los predios establecidos, la recuperación de flora y fauna silvestre, la relación suelo-planta, respecto al mejoramiento de las características físicas y químicas del suelo en los sitios donde se encuentra establecido el SSP.

IV. HIPÓTESIS

El sistema silvopastoril establecido en el año 2012, con árboles *Gmelina arborea* (*Melina*) y *Swietenia macrophila* (*caobilla*), y el año 2008 con *Enterolobium cyclocarpum* (*parota*), presenta mayor desarrollo fenológico en las variables cobertura aérea, altura y diámetro de tallo que el establecido en años posteriores.

V. OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar en el sistema silvopastoril el desarrollo de árboles de *Gmelina arbórea* (Melina), *Enterolobium cyclocarpum* (parota) y *Swietenia macrophila* (caobilla) establecidos en los años 2008-2016 en Palmar Grande, Municipio de Tlatlaya, México

5.2 Objetivos específicos

Evaluar el desarrollo fenológico de los árboles establecidos en diferentes fechas (*Gmelina arbórea* y *Enterolobium cyclocarpum* y *Swietenia macrophila*).

- Cobertura aérea
- Altura
- Diámetro del tallo

VI. MATERIALES Y METODOS

6.1 Zona de estudio

El trabajo se desarrolló en la comunidad de Palmar Grande, perteneciente al Municipio de Tlatlaya, en el estado de México, dentro del Rancho “Los Mangos del Tanque”, localizado a una altitud de 640 msnm (Figura 1 y 2). Lugar de clima cálido seco, con temperatura media anual de 22 y 30°C.



Figura 4. Fotografía aérea de la población de Palmar Grande, Estado de México

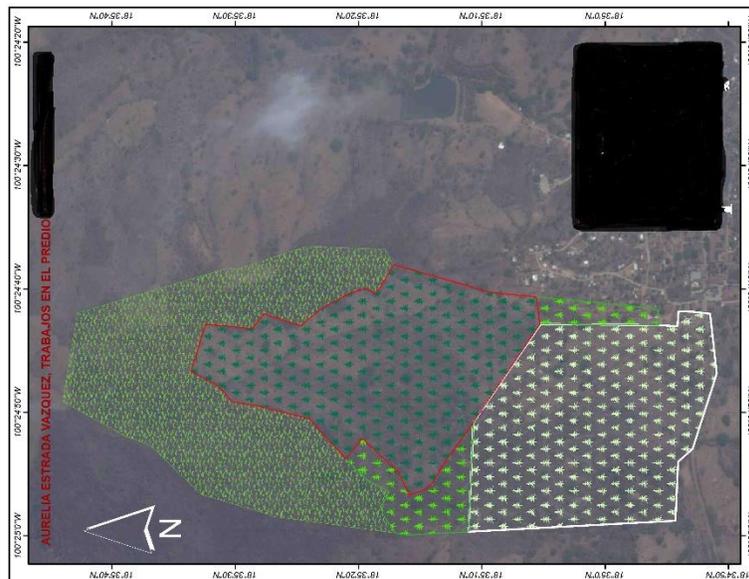


Figura 5. Fotografía satelital del predio “Los Mangos del Tanque”

6.2 Materiales

Se utilizaron 15 hectáreas establecidas de Melina, Parota y Caobilla, 5 hectáreas por especie en diferentes fechas de establecimiento.

- Sitio cultivado de *Gmelina arbórea* en cinco fechas fue establecida (años: 2012, 2013, 2014, 2015 y 2016).
- Sitios cultivados de *Swietenia macrophylla* en cinco fechas de establecimiento (2012, 2013, 2014, 2015, 2016).
- Sitios cultivados de *E. cyclocarpum* en cinco fechas de establecimiento (2008, 2009, 2010, 2011 y 2012).
- Tabla y formatos de registro, lapicero, cinta métrica, metro graduado, estacas, computadora, cámara fotográfica.

6.3 Establecimiento

El establecimiento se realizó de manera manual mediante plántulas. Las plántulas de *Gmelina arbórea* y *Swietenia macrophylla* de los años 2012, 2013 y 2014 fueron obtenidas del vivero Estatal de Tejupilco, las plántulas para establecer los sitios en 2015 y 2016 de las mismas dos especies se obtuvieron de un vivero creado en la misma unidad de producción, utilizando semillas cosechadas de planta de la misma unidad (Figura 6). Las plántulas de *E. cyclocarpum* establecidas en todos los años fueron obtenidas del vivero mencionado anteriormente. En todos los sitios, todas las plántulas se plantaron a 3.5 metros de distancia entre planta y planta. La densidad de plantas por sitio fue de 1200 plantas /ha.



Figura 6. Recolección de semilla de *Gmelina arborea*.



Figura 7. Recolección de semilla de *Gmelina arborea* y *Swietenia macrophylla*.



Figura 8. Vivero forestal rustico en la unidad “Los Mangos del Tanque”



Figura 9. Acarreo de plántulas para trasplante



Figura 10. Siembra de plántulas

6.3.1 Manejo de los sitios de establecimiento

En todos los sitios para cada árbol, se realizaron cepas de 30 cm de profundidad x 10 cm de ancho. A partir de los 50 cm de altura se dio una poda de formación y todo el tiempo se mantuvo el cultivo limpio de malezas.



Figura 11. Parcela establecida de *Swietenia macrophylla*.



Figura 12. Parcela establecida de *Gmelina arborea*.



Figura 13. Parcela establecida de *Enterolobium cyclocarpum*.



Figura 14. Planta de *G. arborea*, poda y limpia de maleza

6.4 Variables de estudio

6.4.1 Planta

Cobertura aérea

Altura del árbol

Diámetro del tallo

6.5 Metodología

6.5.1 Toma de datos

Se seleccionaron al azar 10 árboles por especie, por sitio, por fechas de siembra, las medidas fueron representadas en centímetros, a cada árbol seleccionado se midió:

- Cobertura aérea; en la parte inferior del árbol, se utilizó una cinta graduada, se midió el radio, del tallo hasta la cobertura de las ramas, midiéndolo dos veces para simular una línea recta.
- Altura; se midió utilizando una cinta métrica y un gancho de madera de 5 metros.
- Diámetro del tallo; se midió utilizando una cinta métrica. Midiendo a 20 cm del nivel de suelo para las especies *G. arbórea* y *E. cyclocarpum*. Para *S. macrophila* se midió a 10 cm del suelo debido a su lento crecimiento.



Figura 15. Material de medición (cinta métrica, formato de registro, lápiz y metro graduado).



Figura 16. Medición de diámetro de tallo de *Enterolobium cyclocarpum* del año 2008.

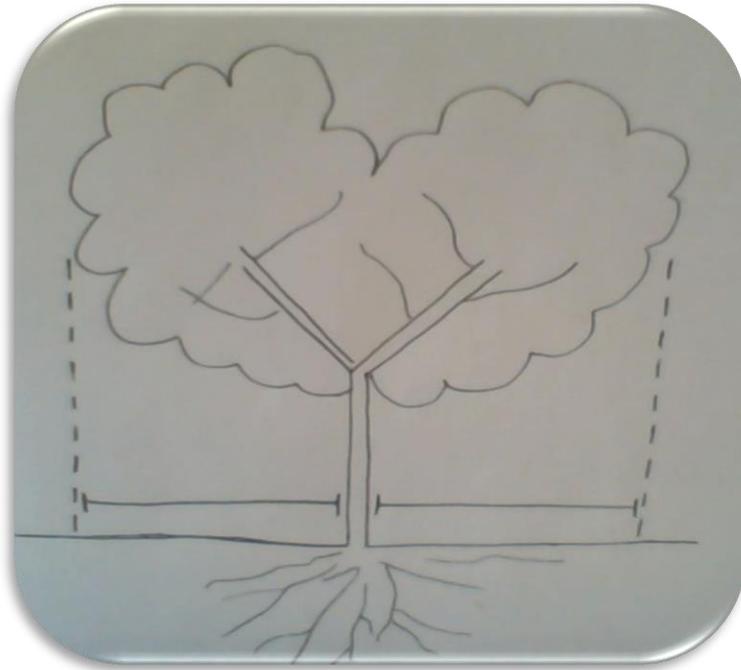


Figura 17. Esquema de medición de la variable cobertura aérea para todos los árboles.

6.5 Diseño experimental

Las especies se evaluaron por separado, en cada una se utilizó un Diseño de bloques al azar donde los bloques fueron los sitios de establecimiento (10 sitios 10 bloques, por especie; 2 sitios/tratamiento, 5 tratamientos/ especie). Los tratamientos en cada especie fueron las fechas de establecimiento (Cuadro 4).

Cuadro 4. Diseño metodológico de las especies en los tratamientos

Especie	Tratamiento (fechas de establecimiento)	Bloques (sitios)
<i>Swietenia macrophylla</i>	T1: año 2012	Sitio I y II
	T2: año 2013	Sitio I y II
	T3: año 2014	Sitio I y II
	T4: año 2015	Sitio I y II
	T5: año 2016	Sitio I y II
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	T1: año 2008	Sitio I y II
	T2: año 2009	Sitio I y II
	T3: año 2010	Sitio I y II
	T4: año 2011	Sitio I y II
	T5: año 2012	Sitio I y II
<i>Gmelina arborea</i>	T1: año 2012	Sitio I y II
	T2: año 2013	Sitio I y II
	T3: año 2014	Sitio I y II
	T4: año 2015	Sitio I y II
	T5: año 2016	Sitio I y II

6.5.1 Modelo estadístico

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

Donde:

Y_{ij} = observación del tratamiento i en el bloque j

μ = media total

T_i = efecto no aleatorio del tratamiento

β_j = efecto no aleatorio del bloque j

E_{ij} = términos de error aleatorios

6.5.2 Programa estadístico

Los datos se analizaron con el programa estadístico MINITAB versión 1.0.0.1, la comparación de medias se realizó con la prueba de Tukey ($P < 0.05$).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1 Desarrollo fenológico de *Swietenia macrophylla* (Caobilla)

7.1.1 Cobertura aérea

La Figura 18 muestra la diferencia de la cobertura aérea de *S. macrophylla* en el sitio I y sitio II durante los años 2012-2016 principalmente durante 2012 y 2013. La mayor cobertura aérea ($P = 0.0001$) se encontró en las especies establecidas en el año 2012. La cobertura de las especies establecidas en los años 2013, 2014 y 2015 no presentaron diferencias ($P > 0.05$). La cobertura de los árboles en establecidos en los años 2015 y 2016, fue similar ($P > 0.05$). Lo cual indica que la especie caobilla presenta mayor cobertura a partir de los cuatro años de establecida, debido a que se observó que en los años 2015 a 2016 su cobertura solo incrementó 16 cm. La mayor cobertura de caobilla se observó en las plantas establecidas en el año 2012 la cual tenía cinco años de establecida (edad), incrementando 50 cm respecto a las establecidas en el año 2013 (plantas de cuatro años de edad). *S. macrophylla* muestra una distribución irregular resultante de una acumulación de individuos coetáneos (Snook, 1993).

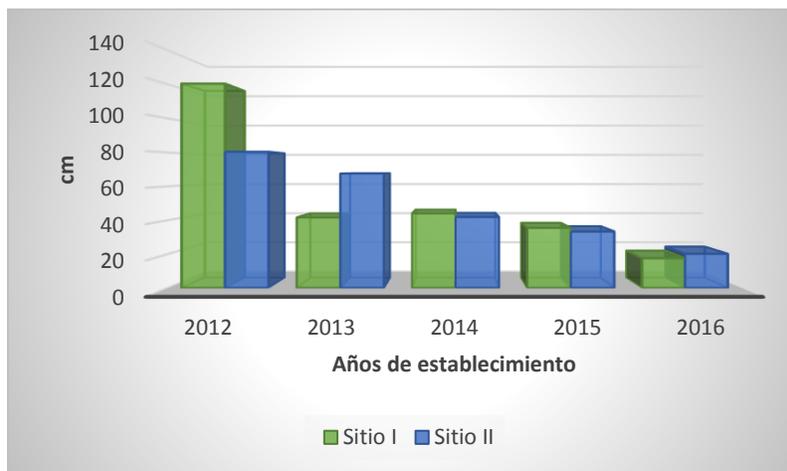


Figura 18. Variable de cobertura aérea de *Swietenia macrophylla* en cinco fechas de establecimiento en dos sitios.

Cuadro 5. Cobertura aérea en dos sitios de establecimiento de *Swietenia macrophylla*

SITIOS	Años de establecimiento					PROM
	2012	2013	2014	2015	2016	
I	120.36	41.7	44.12	35.55	17.6	51.86
II	80.42	67.62	41.99	33.38	20.2	48.72
PROM	100.39 a	54.66 b	43.05 b	34.46 b c	18.9 c	

Fuente. Elaboración propia.

E.E.M 3.37

7.1.2 Altura

En la figura 19 se muestra la diferencia de altura entre sitio I y sitio II en los años 2012 y 2013 principalmente, de la misma manera la altura de *Swietenia macrophylla* si presento diferencias significativas ($P= 0.0001$) entre los cinco años de establecimiento (2012, 2013, 2014, 2015 y 2016), lo cual indica que a partir de los cuatro años de establecimiento la altura asciende considerablemente, sin embargo, Navarro (2015) señala que después de ocho años, el crecimiento promedio anual en las plántulas es de tan sólo 4 cm pero que las distribuciones irregulares de tamaño en la caoba son comunes y que pueden ser causadas por diversos factores, los cuales se atribuyen a disturbios periódicos de gran escala (Snook, 1993). Existe una relación positiva entre la supervivencia y el tamaño de la planta, siendo los árboles más grandes los de mayor sobrevivencia (Navarro, 2015). Diversos autores señalan que la caoba se desarrolla bien en las selvas alta y mediana subperennifolia así como en áreas agrícolas y ganaderas (Lamb, 1966; Cabrera *et al*, 1992; Hernández, 2014. Citados por Navarro, 2015).



Figura 19. Grafica de la variable altura de *Swietenia macrophylla*.

Cuadro 6. Altura de *S. macrophylla* en dos sitios de plantación.

SITIOS	Años de establecimiento					PROM
	2012	2013	2014	2015	2016	
I	345.29	202.1	126.55	76.68	31.3	156.38
II	295.58	214.4	129.02	75.16	34.8	149.79
PROM	320.43 a	208.25 b	127.78 c	75.92 d	33.05 e	

Fuente. Elaboración propia.

E.E.M 10.5

7.1.3 Diámetro de tallo

En la variable diámetro de tallo *S. macrophylla* se presentaron diferencias significativas ($P= 0.0001$) entre los años 2012 respecto a 2013, 2014, 2015 y 2016 y 2015 respecto a 2016 (Figura 20). El diámetro de *S. macrophylla* presentó el mismo comportamiento que la cobertura y altura a través de los años. Presentando el menor diámetro en las especies que tenían un año de establecidas y el mayor diámetro en las especies que tenían cinco años de establecidas. Se observó que las especies que tenían 2 y 3 años de establecidas su diámetro fue similar (Cuadro 7). Navarro (2015) menciona que algunos autores han encontrado que existe una gran variación en las tasas de incremento dimétrico con fluctuaciones que van desde 0.3 hasta 1.4 cm por año. Esta variabilidad está determinada por la edad y la cantidad de agua disponible (Snook 1993, Whigham 1999). Navarro (2015) hace mención que a partir de la NOM-152-SEMARNAT en 2006 la presentación de un programa de manejo forestal requiere contar con información sobre las tasas de incremento dimétrico.



Figura 20. Gráfica de la variable diámetro de tallo de *Swietenia macrophylla*.

Cuadro 7. Diámetro de tallo de *Swietenia macrophylla*.

SITIOS	Años de establecimiento					PROM
	2012	2013	2014	2015	2016	
I	25.84	11.91	8.1	6.61	2.49	7.27
II	21.25	13.82	7.81	6.6	3.45	10.58
PROM	23.54 a	12.86 b	7.95 c	6.6 c	2.97 d	

Fuente. Elaboración propia.

E.E.M 0.762



Figura 21. Caobilla sembrada en 2016.



Figura 22. Caobilla sembrada en 2013.

7.2 Desarrollo fenológico de *Enterolobium cyclocarpum* (parota)

7.2.1 Cobertura aérea

La figura 23 representa la diferencia entre sitio I y sitio II encontrada para *Enterolobium cyclocarpum* en cinco años de establecimiento, el sitio II del año 2008 presentó mayor cobertura que el sitio I, en el sitio II de los años 2009 y 2010 se encontró mucha similitud, la mayor cobertura aérea ($P= 0.0001$) se encontró en las plantas establecidas durante 2008, se encontraron diferencias significativas ($P= 0.0001$) en los años de establecimiento 2008 respecto a 2009 y 2010 y para 2011 respecto a 2012. En los años 2009 y 2010 (Cuadro 8) el comportamiento fue similar ($P > 0.05$). Hernández *et al* (2014) menciona que *Enterolobium cyclocarpum* es una especie que presenta un patrón fenológico de copa, tiene la sorprendente capacidad de producir y expandir el follaje antes de la caída de las primeras lluvias denominándose una brotación temprana.

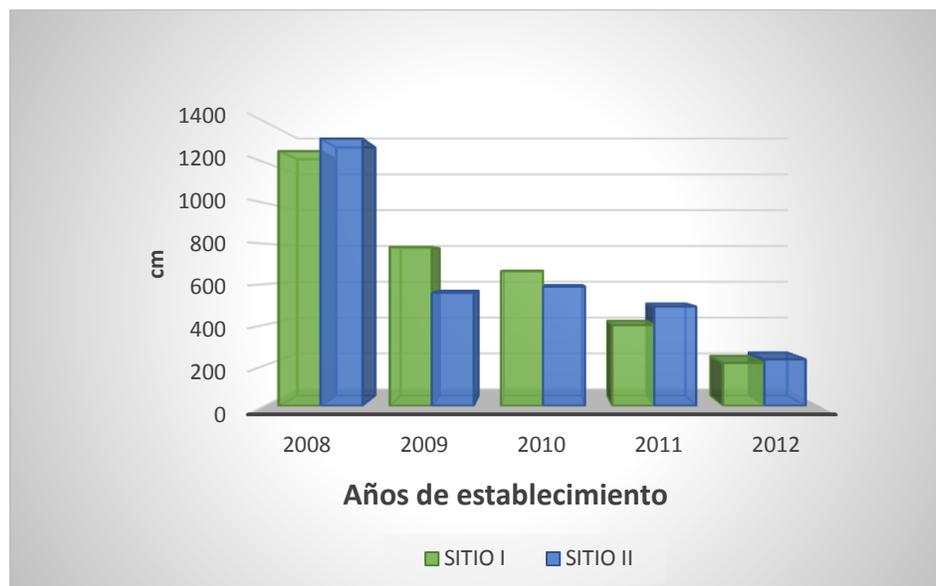


Figura 23. Cobertura aérea de *Enterolobium cyclocarpum*

Cuadro 8. Cobertura aérea de *Enterolobium cyclocarpum*.

SITIOS	Años de establecimiento					PROM
	2008	2009	2010	2011	2012	
I	1255.9	783.4	664.4	398.2	211.5	662.68
II	1317.6	557.7	587.9	489.8	229.4	636.48
PROM	1286.75 a	670.55 b	626.15 b	444 c	220.45 d	

Fuente. Elaboración propia.

E.E.M 38.2

7.2.2 Altura

La altura de *E. cyclocarpum* (Figura 24) muestra que las plantas establecidas desde 2008 presentan mayor altura en comparación con las establecidas en 2009, 2010, 2011 y 2012. Para los años 2009 y 2010 no hubo diferencia significativa ($P=0.0001$) lo cual indica que la variable fue similar y mostró el mismo comportamiento que la variable cobertura aérea, sin embargo si hubo diferencia ($P>0.05$) para 2008 respecto a 2009, para 2010 respecto a 2011 y para 2011 respecto a 2012. Borchert (1980) citado por Hernández (2014) hace mención que los factores climáticos son determinantes primordiales de las especies arbóreas en los trópicos y considera que los patrones fenológicos son determinados, principalmente, por procesos periódicos endógenos y en forma secundaria como adaptación a cambios ambientales.

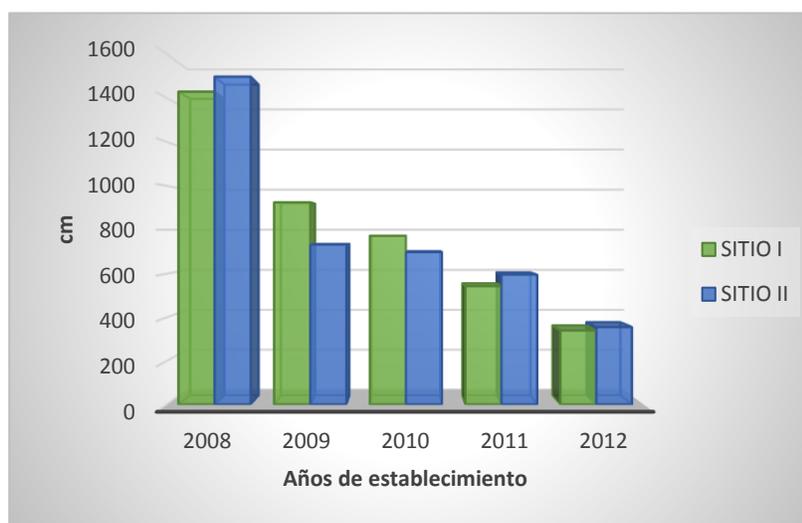


Figura 24. Altura de *Enterolobium cyclocarpum*.

Cuadro 9. Altura de *Enterolobium cyclocarpum*.

SITIOS	Años de establecimiento					PROM
	2008	2009	2010	2011	2012	
I	1429	925.3	772.1	543.1	339.8	801.86
II	1497.2	732.3	697.6	595.3	355	775.48
PROM	1463.1 a	828.8 b	734.85 b	569.2 c	347.4 d	

Fuente. Elaboración propia.

E.E.M 39.4

7.2.3 Diámetro de tallo

La figura 25 nos muestra que el diámetro de tallo de *E. cyclocarpum* tuvo un comportamiento similar durante los años de establecimiento 2008 y 2009, sin embargo el sitio II del año 2009 mostro un mayor incremento diamétrico, para el año 2008 respecto a 2009 no hubo diferencia significativa ($P= 0.001$), pero si para 2009 con respecto a 2010, tampoco la hubo para 2010 respecto a 2011, pero si 2011 respecto a 2012 (Cuadro 10). Serrato-Arévalo (2000) cita que (Beltrán y Rodríguez 1997 y Martínez y Ureña 1993) consignaron que esta leguminosa crece rápidamente y su diámetro se incrementa hasta 10 cm por año.

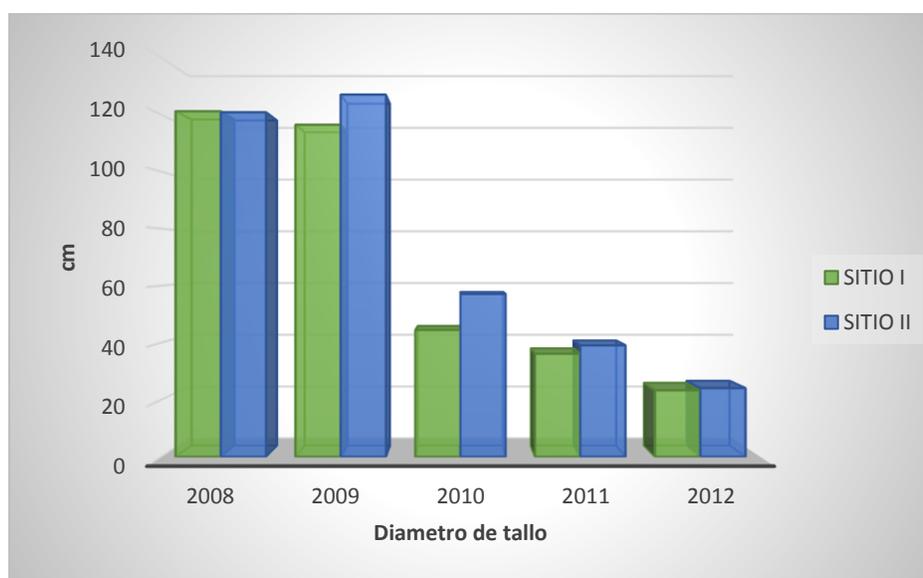


Figura 25. Diámetro de tallo de *Enterolobium cyclocarpum*

Cuadro 10. Diámetro de tallo de *Enterolobium cyclocarpum*.

Años de establecimiento						
SITIOS	2008	2009	2010	2011	2012	PROM
I	121.12	116.4	44.49	36.16	23.33	68.3
II	120.76	126.95	57.08	39.09	24.1	73.59
PROM	120.94 a	121.67 a	50.78 b	37.62 b	23.71 c	

Fuente. Elaboración propia.

E.E.M 4.50

7.3 Desarrollo fenológico de *Gmelina arborea* (melina)

7.3.1 Cobertura aérea

En la figura 26 se encuentra representada la cobertura aérea de *G. arborea* la cual mostro valores más altos para la plantación establecida con 5 años de antigüedad (2012) en comparación a la de un año de establecimiento (2016). Se encontró una diferencia significativa ($P > 0.05$) para sitio I y sitio II en el primer año de establecimiento (2012). En los años de establecimiento 2013, 2014, 2015 y 2016 el comportamiento entre sitio I y sitio II mostro mucha similitud. Sin embargo, de manera general si se encontró una diferencia entre sitios (Cuadro 11). Se mostró una diferencia significativa ($P = 0.001$) para 2012 respecto a 2013, 2014, 2015 y 2016, así como para 2013 con respecto a 2014, 2015 y 2016 pero no entre estas últimas (Cuadro 11).

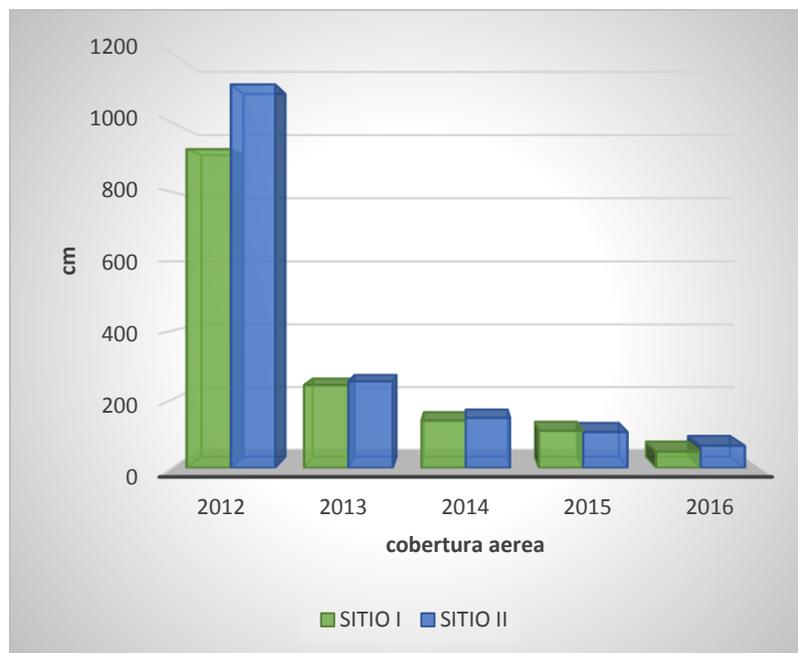


Figura 26. Cobertura aérea de *Gmelina arborea*.

Cuadro 11. Cobertura aérea de *Gmelina arborea*.

SITIOS	Años de establecimiento					PROM
	2012	2013	2014	2015	2016	
I	923.5	241.54	137.91	108.2	41.17	290.46 a
II	1110.3	252.41	146.06	104.7	64.5	135.59 b
PROM	1016.9 a	246.97 b	141.98 c	106.45 c	55.83 c	

Fuente. Elaboración propia.

E.E.M 37.0

7.3.2 Altura

La figura 27 representa la variable altura de *Gmelina arborea* en cinco años de establecimiento, sin embargo, para el primer año la representación es nula debido a que fue complicado tomar las medidas por la altura mayor a 1000 cm que presenta esta especie establecida con 5 años de antigüedad. Los cuatro años de establecimiento restantes (2013, 2014, 2015 y 2016) si mostraron diferencias ($P=0.001$) sin embargo, no las presentaron entre sitio I y sitio II. Flores-Orjuela & Flores-Orjuela (2013) reportan que los árboles dominantes de melina pueden alcanzar hasta 27 metros de altura a los 8 años de edad.



Figura 27. Grafica de la variable altura de *Gmelina arborea*.

Cuadro 12. Altura de *Gmelina arborea*.

Años de establecimiento						
SITIOS	2012	2013	2014	2015	2016	PROM
I		453.22	299.05	269.5	126.6	287.09
II		421.29	300.13	229.8	160.3	277.88
PROM		437.25 a	299.59 b	249.65 c	143.45 d	

Fuente. Elaboración propia.

E.E.M 12.8

7.3.3 Diámetro de tallo

La figura 28 muestra la variable diámetro de tallo para *Gmelina arborea* en cinco años de establecimiento (2012, 2013, 2014, 2015 y 2016), para el primer año el sitio II mostro mayor incremento dimétrico. Las plantas establecidas con 5 años de antigüedad (2012) presentan la mayor diferencia ($P=0.001$) respecto a los demás años, sin embargo 2014 y 2015 no se presentaron diferencias ($P> 0.05$). Flores-Orjuela & Flores-Orjuela (2013) reportan que el crecimiento en diámetro decrece con el paso del tiempo, debido a la competencia que ejercen entre sí los árboles. También mencionan que pueden reportarse crecimientos desde 3.15 cm hasta 5.8 cm/año en los primeros 31 meses de edad, sin embargo puede reducirse hasta 2.6 cm incremento medio anual en años posteriores. En otro estudio realizado por Rodríguez (2008), menciona que el crecimiento medio anual del diámetro es de 4.5 cm/año descendiendo a 3.5 cm/año al sexto año de plantación a causa de la competencia entre árboles.



Figura 28. Grafica de la variable diámetro de tallo de *Gmelina arborea*.

Cuadro 13. Diámetro de tallo de *Gmelina arborea*.

Años de establecimiento						
SITIOS	2012	2013	2014	2015	2016	PROM
I	116.49	28.65	19.04	18.9	5.26	37.66
II	123.94	32.12	20.25	14.06	6.73	39.28
PROM	120.21 a	30.38 b	19.64 c	16.48 c	5.99 d	

Fuente. Elaboración propia.

E.E.M 4.23



Figura 29. Árboles de melina establecidos en 2012. **Figura 30.** Melina establecida en 2015 (imagen época de estiaje)

7.4 Otros resultados y beneficios del Sistema Silvopastoril

En conjunto a los resultados de las medidas dasométricas de los árboles, encontramos que un sistema silvopastoril también se incrementa la presencia de flora y fauna silvestre, en este estudio hacemos hincapié principalmente a la segunda, ya que durante las mediciones se pudo observar también la presencia de animales que en la actualidad es difícil poderlos ver, algunos de estos animales fueron: venado, coyote, liebre, armadillo, zorrillo, víbora de cascabel y víbora limatón entre otras (ratonera, prieta), escorpión o monstruo de gila, iguanas, lagartijas de diferentes tamaños y colores, urracas, urraquillas, chachalacas, pericos, pájaro pacheco, gavián, águila real, entre otras especies de aves.

Todas estas especies en la actualidad se encuentran en un periodo crítico de supervivencia, debido a su caza ilegal de esta manera se pudo constatar que el sistema silvopastoril, además de sus beneficios forestales y ganaderos también trae consigo beneficios de biodiversidad principalmente a la regeneración del hábitat de la vida silvestre.



Figura 31. Periquera (nido de pericos).



Figura 32. Nido de pájaro pacheco



Figura 33. Heces de liebre



Figura 34. Armadillo



Figura 35. Tuza



Figura 36. Ganado pastoreando antes del establecimiento del SSP



Figura 37. Ganado pastoreando después de establecido el SSP.

VIII. CONCLUSIONES

Se concluye que los arboles establecidos con mayor tiempo presentan mayor desarrollo fenológico comparados con los establecidos en menor tiempo debido a las características de crecimiento que cada especie presenta.

De la misma manera el sistema silvopastoril con árboles multipropósito en Palmar Grande ha contribuido a incrementar la presencia de fauna silvestre en el predio evaluado.

IX. LITERATURA CONSULTADA

- Asociación Española de Ecología Terrestre AEET (2007). La diversidad de los Agroecosistemas. Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Biología. Universidad de Barcelona.
- Cab, J. F.E., Quero, C. A.R., Enríquez, Q. J.F y Ortega, C. M.A (2012). Recolección y digestibilidad *in situ* de la materia seca de leguminosas arbustiva con potencial forrajero para el estado de Campeche. C.E “La Posta” INIFAP. Colegio de Posgraduados Campus Montecillo.
- Carranza, C. A. y Ledesma, M. (2009). Bases para el manejo de sistemas silvopastoriles. XIII Congreso Forestal Mundial. Buenos Aires, Argentina, 18-23 Octubre.
- Carranza, V. J.A., Andrade, M. H.M y Ponce, G. G (2012). Propuesta de manejo sustentable de la ganadería extensiva en la microcuenca Guadalupe de Tábual, Guanajuato. Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Producción Animal en Altiplano, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia UNAM. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Cervantes, M. A., López, O. S., Pérez, H. P., Martínez, D. J.P., Gallardo, L. F y Guerrero, R. L.D (2012). Preferencia de ovinos y bovinos por los frutos de seis especies arbóreas de la selva baja caducifolia. Colegio de Postgraduados. Campus Veracruz.
- Flores-Orjuela, J.A & Flores-Orjuela, O.R (2013). Estudio del crecimiento de *Gmelina arborea* en los Consejos Comunitarios de Quiparadó y Domingodó (Choco-Colombia). Universidad de Manizales. Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente.

- Geissert, D & Barois, I (2012). ¿Qué importancia tiene conocer la acidez del suelo?. INECOL, A. C. SACAF. Café in RED. CONACYT.
- GeoMéxico (2004). El suelo.
- Georgia Adopt-A-Stream (2003). Introducción a Cuencas Hidrológicas. Department of Natural Resources Environmental Protection Division Spring.
- Gómez, B. M.R.C., Feliciano, R. L., Rivera, L. F., Colorado, H. N., Salas, M. E., Martínez, C. N y Paredes, R. S (2012). Evaluación preliminar de un sistema silvopastoril Leucaena-Tanzania, bajo pastoreo intensivo controlado. Centro de Bachillerato Tecnológico Agropecuario No. 17. Instituto Tecnológico de Úrsulo Galván. Veracruz.
- Hernández, O. M.L., Montalván, C. B.L., Flores, B. A.M., Urrutia, R. J.T., & López, B. K (2014). Evaluación del desarrollo y crecimiento de *Enterolobium cyclocarpum*, *Maclura tinctoria* en condiciones controladas, Estelí –Nicaragua. Revista Científica de FAREM-Estelí. Medio ambiente, tecnología y desarrollo humano
- Ku Vera, J., Albores, M. S., Canul, S. J., Piñeiro, V. A., Alayón, G. J., Ayala, B. A., Aguilar, P. C., Solorio, S. F & Ramírez, A. L (2014). Ganadería y cambio climático: mitigación de gases de efecto invernadero en rumiantes. Departamento de Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Lara, B. A., González, E. A., Cortez, V. L.J y Hernández, G.A (2012). Producción y calidad de biomasa de cinco especies de arbustos con potencial forrajero en el sur de Sinaloa. Departamento de Zootecnia. Universidad Autónoma de Chapingo. Centro Universitario UAEM Amecameca.
- Maldonado García, N. M. (2013) Los sistemas silvopastoriles en Tabasco. Una opción para desarrollar una ganadería productiva y amigable con la naturaleza. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

- Martínez, E. C., Villanueva, L. G & Casanova, L. F (2011). Densidad y composición de árboles dispersos en potreros en la sierra de Tabasco. Colegio de la Frontera Sur. Unidad Villahermosa, Tabasco. Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad Autónoma de Yucatán.
- Murray, N. R.M., Bojórquez, S. J.I., Orozco, B. Ma.G., Hernández, J. A., Nájera, G. O., Ontiveros, G. H.M (2012). El sistema agroforestal modifica el contenido de materia orgánica y las propiedades físicas del suelo de la llanura costera norte de Nayarit. Universidad Autónoma de Nayarit. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba.
- Murray, N. R.M., Bojórquez, S. J.I., Orozco, B. Ma.G., Hernández, J. A., Nájera, G. O., Ontiveros, G. H.M & Ortega, J. A (2010). Influencia de especies agroforestales sobre las propiedades físicas de un suelo fluvisol haplico de llanura costera Norte de Nayarit. V Reunión Nacional sobre Sistemas Agro y Silvopastoriles. Bienestar Animal en Sistemas Silvopastoriles.
- Navarro- Martínez, M. A (2015). Diagnóstico del estado actual de *Swietenia macrophylla* King (caoba) en los bosques manejados de Quintana Roo, México: perspectivas para su manejo. Tesis inédita de doctorado. Universidad Veracruzana. Centro de Investigaciones Tropicales.
- Obregón Sánchez, C. (2006) Gmelina arbórea. Versatilidad, Renovación y Productividad Sostenible para el Futuro. Revista M&M Edición Especial.
- Ojeda, A., Villavicencio, I., Obispo, N & Gil, JL (2009). VARIACIÓN ANUAL EN LA COMPOSICIÓN QUÍMICA Y ASTRINGENCIA DEL FOLLAJE DE *ENTEROLOBIUM CICLOCARPUM* (JACQ.) Griseb. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias.

- Ortiz, O. A., González, R. M., García, M. A., Rojo, R. R y Albarran, P. B (2012). Uso de la hoja de parota (*Enterolobium cyclocarpum*) como forraje alternativo, para las regiones tropicales y subtropicales. Centro Universitario Temascaltepec y Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México.
- Pérez-Espejo, R (2008).Contaminación agrícola y políticas públicas en México. XI Jornadas de Economía Crítica. Instituto de Investigaciones Económicas. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Pérez-Magaña A y Macías-López A (2012). Aprovechamiento y potenciación de la biodiversidad desde la lógica campesina en un sistema de producción complejo. Colegio de Postgraduados Campus Puebla.
- Petit, A. J., & Suniaga, Q. J (2005) Sistemas Silvopastoriles. Manual de Ganadería Doble Propósito. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. 204-207 pp.
- Porta, C. J., López-A, R. M., & Roquero, DL, C. (2003) EDAFOLOGÍA Para la agricultura y el medio ambiente. Ediciones Mundi-Prensa. España. 929 pp.
- Ramírez, A. L., Solorio, S. F.J., Sarabia, S. L., Solorio, S. B., Pérez, A. C., Ayala, B. A & Ku Vera, J.C (2014). Estrategias agronómicas para el establecimiento exitoso de sistemas silvopastoriles intensivos. Cuerpo Académico de Nutrición de Rumiantes y Medio Ambiente en el Trópico. CCBA. Yucatan.
- Rojas, R. F., Arias, A. D., Moya, R. R., Meza, M. A., Murillo, G. O & Arguedas, G. M. (2004). MANUAL PARA PRODUCTORES DE MELINA Gmelina arbórea EN COSTA RICA. Cartago, Colombia.
- Román Miranda, M. L. (2012) Evaluación de cinco especies arbóreas nativas como fuente de alimento para rumiantes en el trópico seco. Tesis doctoral inédita. Universidad de Colima.

- Rosales, J. J., Cevallos, J., Vazquez, J. M &Hernández, F (2008). La diversidad de sistemas agroforestales en el Sur y Costa Sur de Jalisco. Departamento de Ecología y Recursos Naturales. Centro Universitario de la Costa Sur. Universidad de Guadalajara.
- Sarukhán, J., Koleff, P., Carabias, J., Soberón, J., Dirzo, R., Llorente-Bousquets, J., Halffter, G., González, R., March, I., Mohar, A., Anta, S., & de la Maza, J (2009). Capital natural de México. Síntesis Conocimiento actual, evaluación y perspectivas de sustentabilidad. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad CONABIO.
- SEMARNAP (1998). Reporte del estado ambiental y de los recursos naturales en la Frontera Norte de México. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAP ECOTEC / SADEC-FEMAP ITESM, INFOMEXUS/ SADEC-FEMAP. Universidad Americana del Norte. Campus Cd. Juárez.
- SEMARNAT (2009). Manejo de vida silvestre. Manual Técnico para Beneficiarios. México.
- SEMARNAT (2010) Sistemas Silvopastoriles. Comisión Nacional Forestal. Colegio de la Frontera Sur. Chiapas, México.
- Serratos-Arévalo, F.A (2000). Extracción y caracterización de proteínas de almendra de las semillas maduras de *Enterolobium cyclocarpum* para su aprovechamiento alimenticio. Tesis de doctorado. Universidad de Colima.
- Snook, L. K (1993). Stand dynamics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) and associates species after fire and hurricane in the tropical forest of the Yucatan Peninsula, Mexico. PhD Dissertation, Yale University.
- Solorio, S. F.J., Solorio, S. B., Sarabia, S. L., Pérez, A. C., Ramírez, A. L., Ayala, B. A., Sandoval, A. C.A., Chay, C. J y Ku Vera, J (2014). Sistemas Silvopastoriles: Ganadería y Medio Ambiente. Cuerpo Académico de Nutrición de Rumiantes y Medio Ambiente en el Trópico. CCBA. Universidad Autónoma de Yucatán.

División Académica de Ciencias Agropecuarias. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

Ugalde, A. L.A (1981). Conceptos básicos de dasometría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza CATIE. Programa de Recursos Naturales Renovables. Costa Rica.

Uribe F., Zuluaga A. F., Valencia L., Murgueitio E., Zapata A., Solarte L., et al (2011) Establecimiento y Manejo de Sistemas Silvopastoriles. Manual 1, Proyecto Ganadería Colombiana Sostenible. GEF, BANCO MUNDIAL, FEDEGAN, CIPAV, FONDO ACCION, TNC. Bogotá, Colombia. 78 PP.

Velázquez-Martínez, A. (2003). Situación Actual y Perspectivas de las Plantaciones Forestales Comerciales en México Comisión Nacional Forestal / Colegio de Postgraduados. Comisión Nacional Forestal CONAFOR. Colegio de Postgraduados.

Whigham, D.F., Lynch, J.F & Dickinson, M. B (1999). Dinámica y Ecología de los bosques naturales y manejados en Quintana Roo, México. En: Primack, R. B.; D. BRAY; H.A. Galleti y I. Ponciano (Eds.) La selva maya. Conservación y Desarrollo.

Zamorano, H. P (2009). La flora y fauna silvestres en México y su regulación. Estudios Agrarios. Procuraduría Agraria.