



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM–Estelí

Crecimiento de especies leñosas en bancos mixtos forrajeros

Trabajo Monográfico para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autora

Br. Génesis Benavidez Kauffmann

Tutor

MSc. Kenny López Benavides

Asesora

MSc. Marianela del Socorro Kauffmann

Estelí, julio de 2021



DEDICATORIA

A Dios, Padre eterno, por sobre todas las cosas, por concederme la vida, salud y fortaleza espiritual para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres Fernando Benavides y Marianela Kauffmann que han sabido formarme con buenos hábitos y valores, que han sido el sustento para mi formación como persona y estudiante ya que son el apoyo moral y económico que tengo en la vida.

A mi abuelita materna Epifania Kauffmann que ha sido parte fundamental para mí ya que me ha brindado su amor y su apoyo en las adversidades y en las alegrías, en el transcurso de mi vida.

A mis familiares Benavides Blandón ya que me han brindado apoyo moral incondicional y por compartir los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al financiamiento de un Contrato de Beca del Fondo para Proyectos de Investigación (FPI), número “05201604” referente al proyecto titulado **“Herviborismo sobre los principales árboles forrajeros del trópico seco Centroamericano”**. Convocatoria Doctoral 2016 – 2018, de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua / UNAN-Managua. En colaboración con la Universidad Autónoma de Barcelona y la Fundación Autónoma Solidaria (FAS-UAB, España).

A mi Alma Mater por brindarme la oportunidad de ser parte de la institución así mismo ser partícipe de mi formación académica e integral.

A mi tutor MSc. Kenny López Benavides, que ha sido parte clave del trabajo, por brindarme su valioso tiempo, disponibilidad, ayuda y por compartir todos sus conocimientos. Lo cual, hizo posible que la presente investigación llegara satisfactoriamente a su culminación.

A la MSc. Flavia María Andino Rugama, por su oportuno y valioso apoyo, dada su vasta experiencia como docente investigadora de la Universidad Católica del Trópico Seco (UCATSE), por aporte significativo en el tratamiento estadístico de los datos generados a partir de las variables de crecimiento.

A mis maestros que han sido mi herramienta de aprendizaje, por tener la disponibilidad, paciencia y el tiempo que me han dedicado con esfuerzo y así formar una persona preparada para el ámbito laboral.

A mis compañeros, Licenciados en Ciencias Ambientales Faustino Antonio Peralta Jarquín y Joel Exequiel Cardoza Aguilar, por su valiosa colaboración en todas las fases de la investigación. También, a Miquel Benajies y David Tañá estudiantes de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Autónoma de Barcelona, quienes realizaron también su trabajo de fin de grado en el marco de esta investigación. Lo cual hizo posible llevar a cabo dicho estudio y así mismo fortalecer y afianzar mis conocimientos sobre la temática.



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

Facultad Regional Multidisciplinaria, FAREM-Esteli

Estación experimental para el estudio del trópico seco "El Limón"

2021: "Año del Bicentenario de la Independencia de Centroamérica"

Esteli, 28 de junio del 2021

CARTA AVAL

A través de la presente hago constar que el informe final de investigación, realizado en la modalidad de graduación de Monografía, titulado: "**Crecimiento de especies leñosas en bancos mixtos forrajeros**". Elaborado por la bachillera (Br.) Génesis Benavidez Kauffmann. Contiene, los aportes de forma y contenido realizados por el comité académico evaluador en el acto de la predefensa. También, cumple con los requisitos establecidos en la normativa de modalidad de graduación. En este sentido, se considera que el trabajo de investigación está listo para su presentación y defensa final.

Agradeciendo la atención a la presente.

Atentamente,


MSc. Kenny López Benavides
Docente investigador
UNAN-Managua / FAREM-Esteli

RESUMEN

El estudio fue dirigido desde la Estación experimental para el estudio del Trópico Seco “El Limón” y se realizó en dos comunidades: La Calabaza y El Limón, ambas del municipio de Estelí. Con el objetivo de evaluar el crecimiento de cuatro especies nativas arbóreas forrajeras *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth (carbón), *Guazuma ulmifolia* Lam. (guácimo), *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (madero negro), *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb. (guanacaste) y una exótica *Moringa oleifera* Lam. (marango). El estudio consistió en una fase de laboratorio, en la cual, se aplicaron tratamientos pregerminativos de escarificación mecánica (desgaste de la testa de la semilla con lija gruesa nº 60) y química (sumersión en ácido sulfúrico al 98%) a semillas de *A. pennatula*, *G. ulmifolia* y *E. cyclocarpum* y otra de campo, donde se establecieron dos bancos mixtos forrajeros con un área útil de 625 m², dispuestos en un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA), con cinco tratamientos experimentales (cada especie forrajera fue considerada como tratamiento experimental) y cuatro réplicas. Para cada especie, se tomaron registros de crecimiento (diámetro, altura y número de hojas) dos veces al mes durante un año, un mes después de ser plantadas. Los resultados indicaron que el tratamiento pregerminativo más efectivo fue la escarificación química con ácido sulfúrico al 98 % lo cual se le aplicó a las especies *G. ulmifolia*, *E. cyclocarpum* y *A. pennatula*. Con respecto a la relación entre la germinación y especie no hubo diferencia significativa ($p \geq 0.05$), los valores de germinación fueron similares para las especies *G. ulmifolia*, *E. cyclocarpum* y *A. pennatula*. Con relación al crecimiento de las plantas en campo y considerando las variables de diámetro, altura de plantas y número de hojas la que tuvo mejor comportamiento fue la especie nativa *G. sepium* considerándola promisoría para su multiplicación por semillas y plantaciones definitivas para uso forrajero contrario al *M. oleifera* especie exótica, que su crecimiento medido por estos parámetros no fueron superiores a las especies nativas.

Palabras clave: *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Moringa oleifera*.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	5
I. INTRODUCCIÓN	8
II. OBJETIVOS	9
2.1 General.....	9
2.2 Específicos	9
III. MARCO TEÓRICO	10
3.1 Trópico seco.....	10
3.2 Sistemas agroforestales	10
3.3 Especies forrajeras.....	10
3.4 Sistema Silvopastoril	11
3.5 Silvicultura	11
3.6 Potrero.....	11
3.7 Banco de proteínas.....	11
3.8 Latencia.....	16
3.9 Tratamientos pregerminativos.....	17
3.10 Germinación	18
3.11 Crecimiento de plantas arbóreas	18
IV. HIPÓTESIS	21
V. MATERIALES Y METODOS	22
5.1 Área de Estudio	22
5.2 Tipo de estudio	22
5.3 Población.....	23
5.4 Muestra	23
5.5 Diseño Experimental.....	24
5.6 Etapas generales del proceso de investigación	24
5.6.1 Etapa de gabinete: Revisión de antecedentes y elaboración del protocolo de investigación.....	24
5.6.2 Etapa de laboratorio: Aplicación de tratamientos pregerminativos	25
5.6.3 Etapa de vivero: Establecimiento de vivero en condiciones controladas.....	27
5.6.4 Etapa de campo: Establecimiento de los bancos mixtos forrajeros.	28
5.6.5 Crecimiento de plantas	28
5.6.6 Etapa de gabinete final: Tratamiento estadístico de los datos y elaboración del informe final de investigación.....	29
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
6.1. Efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de especies forestales de interés forrajero.....	30
6.2. Crecimiento de especies leñosas establecidas en bancos mixtos forrajeros.....	34
VII. CONCLUSIONES	38
VIII. RECOMENDACIONES	39
IX. BIBLIOGRAFÍA	40
X. ANEXOS	44
Anexo 1.	44
Anexo 2.	45
Anexo 3.	46

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Esquema del diseño experimental de los bancos mixtos forrajeros.....	24
Figura 2. Promedio de semillas germinadas en función de diferentes tratamientos pregerminativos	31
Figura 3. Promedio del número de semillas germinadas en función de las especies	33
Figura 4. Promedio de diámetro del tallo de cinco especies arbóreas.....	35
Figura 5. Promedio de Altura en relación de cinco especies arbóreas forrajeras.	36
Figura 6. Promedio de número de hojas de especies forrajeras.	37

INDICE DE TABLA

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables e indicadores.....	23
Tabla 2. Ficha de recolección de datos en laboratorio.	44
Tabla 3. Ficha de recolección de datos en campo.	45
Tabla 4. Cronograma de actividades.	46

INDICE DE IMAGEN

Imagen 1. <i>Acacia pennatula</i> (Carbón).	12
Imagen 2. <i>Guazuma ulmifolia</i> (Guácimo).....	13
Imagen 3. <i>Gliricidia sepium</i> (Madero negro).....	14
Imagen 4. <i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Guanacaste).....	15
Imagen 5. <i>Moringa oleifera</i> (Marango).....	16
Imagen 6. Aplicación del tratamiento pregerminativo de ácido sulfúrico al 98% a semillas de <i>Acacia Pennatula</i>	25
Imagen 7. Establecimiento de Vivero.....	27
Imagen 8. Preparación de Sustrato.....	27
Imagen 9. Preparación del terreno y establecimiento de banco mixto forrajero	28
Imagen 10. Crecimiento de <i>Acacia pennatula</i>	29

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua, la ganadería constituye una de las actividades económicas más importantes, generando alrededor de 130 mil empleos directos y 427 millones de dólares por las exportaciones de carne (BCN, 2011). A pesar de esto, muchas fincas ganaderas tienen problemas de manejo y de capacidad productiva del recurso forrajero, lo que redundará en bajos ingresos y también en la sostenibilidad del sistema productivo.

Sin embargo, cuando la ganadería se basa en sistemas silvopastoriles (combinación de pastos, árboles y ganado) las fincas presentan opciones productivas más diversas, como la producción de leña, madera, postes para cerca, complemento forrajero en la época de baja producción de pasto y mantenimiento de buena calidad de agua. Estos beneficios contribuyen a mejorar el bienestar animal y de las familias rurales.

Los sistemas ganaderos se caracterizan por períodos de escasez de forrajes en la época seca y por inapropiadas prácticas de manejo para la alimentación de su ganado en esta época utilizando principalmente el follaje y frutos de árboles, además de la amonificación de rastrojos y ensilajes (Zamora et al., 2009).

Las plantas han desarrollado numerosas estrategias para defenderse de los herbívoros y esto hace que las poblaciones vegetales no se vean reducidas completamente (Hartley y Jones, 1996), la mayoría de las plantas no son palatables para la mayoría de los herbívoros, sin embargo, todas las especies de plantas son atacadas por una o más especies de animales. (Crawley, 1997)

La problemática sobre la disminución de alimento para el ganado en temporada seca ha sido en los últimos años de mucha relevancia debido a que el fenómeno del Niño se ha intensificado y ocurre con mayor frecuencia provocando sequías.

Aunado al crecimiento de la frontera agrícola y ganadera en el Pacífico Centro y Norte de Nicaragua causado por diferentes factores como la eliminación de la cubierta natural del suelo y la tala abusiva de árboles para extracción de madera, leña u otros productos; el cambio de uso de la tierra, ya sea para producción agrícola o ganadera, repercute de forma perjudicial en los ecosistemas forestales y los incendios forestales, plagas y enfermedades que también afectan negativamente.

Con base a lo anterior, se pretende evaluar el comportamiento del crecimiento de cinco especies arbóreas con valor nutricional proteínico en bancos mixtos forrajeros, ya que surge la necesidad de buscar alternativas en la alimentación animal y específicamente en bovinos durante la época seca, y éstas son de gran aporte

nutricional para la suplementación, ya que por su composición química constituyen una fuente importante de proteínas de gran biodisponibilidad.

Además permitirá diversificar las fuentes alimenticias para el ganado, como consecuencia aumentará la población silvícola actual de estas especies que favorecerán a conservar el equilibrio ecológico particularmente en la zona del Trópico Seco donde se ubica geográficamente el municipio de Estelí.

El propósito de realizar este trabajo es generar posibles soluciones que contribuyan al desarrollo sostenible del sector ganadero nicaragüense, directamente en la zona de Estelí.

II. OBJETIVOS

2.1 General

Evaluar el crecimiento de cuatro especies nativas arbóreas forrajeras *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium cyclocarpum* y una exótica *Moringa oleifera*, a fin de considerarlas en el diseño de sistemas silvopastoriles en el Trópico Seco Nicaragüense.

2.2 Específicos

2.2.1 Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos en semillas de especies forestales de interés forrajero.

2.2.2 Determinar el crecimiento de especies leñosas establecidas en bancos mixtos forrajeros.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Trópico seco

Es un clima de transición entre el tropical húmedo y el clima desértico. Es muy caluroso durante todo el año, aunque presenta una mayor oscilación térmica que el tropical húmedo. Existen evidencias que indican que el bosque tropical seco en América Central ha sido convertido en otros usos tal como agricultura y pastoreo (Brown y Lugo 1990). El bosque tropical seco que aún queda equivale a menos del 2 % del bosque original.

3.2 Sistemas agroforestales

Un Sistema Agroforestal es un sistema agropecuario cuyos componentes son: árboles, cultivos y animales.

Un sistema agroforestal tiene los atributos de cualquier sistema: Límites, componentes, interacciones, ingresos y egresos, una relación jerárquica con el sistema de finca y una dinámica.

El límite define los bordes físicos del sistema; los componentes son los elementos físicos, biológicos y socioeconómicos; los ingresos son la energía solar, mano de obra, productos agroquímicos entre otros, y los egresos como madera, productos animales, frutos, cultivos, leña, etc; los ingresos y los egresos son la energía o materia que se intercambia entre los componentes de un sistema. (Mendieta y Rocha, 2007).

Los sistemas agroforestales actúan como una alternativa de uso de la tierra que generan una diversidad de productos agrícolas y forestales (madera, leña, frutos, forraje, medicinas, entre otros) y servicios como: sombra para cultivos y animales, y que estos tengan como protección (cercas vivas).

3.3 Especies forrajeras

Según el Ministerio de Agricultura de España (2017), son la fuente más económica de alimentación con la que cuenta un productor ganadero ya que bien cultivados y manejados pueden satisfacer perfectamente las necesidades de mantenimiento, crecimiento y producción del animal, en pocas palabras un adecuado manejo racional de los pastos y forrajes permite aumentar fácilmente la producción de carne o leche por unidad de superficie. Pero se debe tener claro que antes de poder ser aprovechadas por los animales y obtener todas las bondades que estos ofrecen (materia seca, proteína, vitaminas, minerales, carbohidratos), estas deben alcanzar su máximo potencial productivo, por lo que se deben tener en cuenta que dependerá principalmente de factores como: fertilidad del suelo, época del año, especie, edad, tipo de pastoreo, estado vegetativo.

3.4 Sistema Silvopastoril

Los sistemas silvopastoriles son la combinación de especies forestales o frutales y animales, sin la presencia de cultivos. Se practican diferentes niveles, desde las grandes plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales como complementos a la agricultura de subsistencia. (Mendieta y Rocha, 2007).

De acuerdo EURAF (2018), consiste en la combinación de árboles, pasto y ganado. Incluye prácticas como el pastoreo en bosques, en plantaciones forestales, o en pastizales con árboles en distintas configuraciones (dispersos, en pequeños grupos, o en setos). También puede considerarse dentro de esta práctica el pastoreo de áreas de matorral.

3.5 Silvicultura

Según la FAO (2019), la silvicultura se puede definir como la práctica de controlar el establecimiento, el crecimiento, la composición, la sanidad y la calidad de los bosques naturales con objeto de responder a diversas necesidades y valores. La práctica silvícola consiste en las intervenciones aplicadas a los bosques a fin de mantener o mejorar su utilidad con respecto a objetivos específicos, como la producción de madera y otros productos forestales, la conservación de la biodiversidad, la recreación y el suministro de servicios ambientales.

3.6 Potrero

El potrero es un área delimitada, colonizada por plantas o pastos naturales, naturalizados y mejorados, donde el ganado se alimenta y donde se relaciona con el suelo, el clima y todos los animales que viven en él. (Marcelo, 2015).

3.7 Banco de proteínas

Un banco de proteína o banco de forraje, es una plantación forestal cuyo objetivo principal es la obtención de forraje para la suplementación animal, suministrada como forraje de corte o permitiendo el ingreso de los animales a la plantación. Las especies arbóreas utilizadas en este sistema deben ser de valor forrajero comprobado. Algunas especies que son utilizadas en este sistema son: *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia*, *Leucaena leucocephala*, entre otras. La característica más sobresaliente en estos sistemas es la presencia de animales y del forraje necesario para su alimentación; el componente animal introduce un tipo de interacción que afecta las prácticas básicas de manejo. Los principios de manejo se refieren a la producción animal y la obtención de productos arbóreos. (Mendieta y Rocha, 2007).

A continuación se describen las especies con valor proteico que se evaluaron en el presente estudio como: carbón, guácimo, madero negro, guanacaste y marango.

***Acacia pennatula* (Carbón).**

Es un árbol perteneciente a la familia Mimosaceae, de tamaño pequeño a mediano, de 6 a 12 m de altura con tronco de un diámetro de 20 a 60 cm a la altura del pecho, sus ramas son horizontales, muy extendidas y con muchas espinas rígidas y cortas. Su corteza externa es áspera, fisurada y con espinas, las hojas son compuestas, bipinnadas, alternas de 8 a 20 cm de largo por 4 a 8 cm de ancho.

Las flores dispuestas en cabezuelas de 1.5 cm de diámetro color amarillo anaranjado, los árboles pierden normalmente sus hojas antes de florecer y se cubren profusamente de flores siendo atractivos a la vista del observador, las vainas indehiscentes de



Imagen 1. *Acacia pennatula* (Carbón).

formas variables, de 9 a 12 cm de largo por 1.5 a 2.5 cm de ancho. Las vainas permanecen por algún tiempo en los árboles los cuales se cubren completamente de frutos.

Se encuentran en su mayoría en la Región Central, en climas secos y húmedos en tierras comprendidas entre 100 y 900 m de altitud, el carbón abunda en potreros de clima fresco en los departamentos de Jinotega, Managua y Estelí.

La utilización de los bosques para potreros mantenidos con quemas le ha favorecido mucho, junto con los campesinos que lo dejan por sus frutos que son comidos por el ganado considerándosele como el principal propagador pues al ingerir las vainas los animales ayudan a la diseminación de las semillas. Además como alimento complementario para el ganado se usa para postes, leña y carbón. (Salas, 1993)

***Guazuma ulmifolia* (Guácimo).**

Llamado comúnmente también guácimo de ternero, tapaculo, pertenece a la familia Sterculiaceae, es un árbol de tamaño pequeño a mediano alcanza altura entre 6 a 25 metros y diámetro de 15 a 70 cm a la altura del pecho. Normalmente árbol pequeño e invasor, su copa es extendida y regular con ramas arqueadas.

Su follaje es caedizo en sitios con estación seca prolongada y caliente y es permanente en zona húmeda, las ramas jóvenes son verdes a pardo verdosas con abundantes pelos estrellados. La corteza externa es de color gris pardo, lisa en arboles jóvenes ligeramente fisurada en arboles adultos con grietas en forma de



Imagen 2. *Guazuma ulmifolia* (Guácimo).

diamantes que se desprende en pequeños pedazos. La corteza interna es blancuzca-amarillenta a rosada tornándose más oscura al exponerse al aire, fibrosa, dulce a ligeramente astringente; las hojas son simples alternas, dispuesta en dos hileras a lo largo de la ramita.

La flores pequeñas, hermafroditas de color verdecito-amarillentas o blanquecino-cremoso de 5 mm de diámetro dispuestas en pequeños grupos florales o panículas axilares ramificadas, las flores son visitadas por abejas melíferas. Los frutos son cápsulas redondeadas verrugosas de 1.6 a 4.0 cm de largo por 1.0 a 2.5 cm de diámetro que se tornan negruzcas y leñosas al madurar y se abren en el ápice o irregularmente por muchos poros pequeños que generalmente no dejan salir las semillitas de 2 a 3 mm de largo. Cuando las cápsulas están maduras tiene un olor y sabor dulce, los frutos son comidos por animales que ayudan en la dispersión de la semilla.

En Nicaragua es una especie bien conocida, abundante en vegetación secundaria en todo tipo de ecosistemas forestales. Es útil en recuperación de ambiente muy intervenido, madera buena para tacones de zapatos, leña, postes y cercas vivas. El mucílago que suelta la corteza de la ramitas puestas en maceración se considera diurético y depurativo de la sangre. (Salas, 1993)

***Gliricidia sepium* (Madero negro).**

Conocido también como madreao, madrecaao, mata-ratón, pertenece a la familia Fabaceae, es un árbol de tamaño pequeño mediano o grande, alcanza alturas entre 6 y 20 metros y diámetros de 25 a 60 cm, tronco un poco torcido con ramas arqueadas. Copa irregular. Ramitas agrietadas cuando adultas. Inmediatamente que el árbol pierde sus hojas durante el verano se cubre de vistosas y numerosas flores blanco rosadas. Su corteza externa es de color gris blancuzco a veces un poco amarillenta ligeramente escamosa frecuentemente presenta nudos.



Las hojas son compuestas alternas, imparipinnadas con 7 a 9 hojuelas.

Imagen 3. *Gliricidia sepium* (Madero negro)

Las flores son inflorescencias en racimos laterales, pequeñas, amariposadas de color blanco rosadas o con un tinte púrpura. Los frutos son vainas dehiscentes aplanadas de 5 a 20 cm de largo y de 1 a 3 cm de ancho verde amarillentas o verde limón cuando jóvenes y morado a negruzca después. Contiene de 3 a 10 semillas aplanadas elípticas negruzca y lustrosas.

En Nicaragua se encuentra en la Región del Pacífico y la Región Central. Crece en sitios bajos, con climas de secos a húmedos. Es un árbol de avanzada que invade terrenos pobres y pedregosos en determinadas zonas en donde la vegetación arborescente ha sido cortada. Se utilizan en construcciones, leña, cerca vivas, sombra de plantaciones de cacao, café, es muy prendedizo. (Salas, 1993)

***Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste).**

Es una especie de árbol perteneciente a la familia Mimosaceae, es un árbol nativo de América, de regiones tropicales y templadas cálidas. Conocido como Guanacaste, Guanacaste negro, oreja de elefante. Alcanza alturas entre 6 y 30 m y diámetros de 0.40 a 3.0 m a la altura del pecho; copa extendida y redondeada.

Las ramitas gruesas presentan puntos y líneas sobresalientes que corresponden a lenticelas asimismo grietas finas en sentido longitudinal.

Sus hojas compuestas, alternas, bipinnadas de 15 a 40 cm de largo. Cada hoja con 4 a 15 pares de pinnas y cada pinna con 15 a 30 pares de hojuelas sin peciólulos.

Flores en cabezuelas axilares, redondeadas de 1.0 a 1.5 cm diámetro.

Frecuentadas por abejas melíferas. Tiene vainas indehiscentes de 7 a 12 cm de diámetro, enroscada y leñosas moreno-oscuro y brillantes que recuerdan la forma de la oreja humana. Las semillas están rodeadas por una pulpa dulce y fibrosa.

En Nicaragua se encuentran en la zona del Pacífico y Central, crece en climas secos y húmedos. Su uso principal es la de madera ya que es una especie de peso liviano y fácil trabajar. (Salas, 1993)



Imagen 4. *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste)

***Moringa oleifera* (Marango).**

Es la especie más conocida del género *Moringa*. Pertenece a la familia Moringaceae, es un árbol originario del sur del Himalaya, el nordeste de la India, Bangladesh, Afganistán y Pakistán. Se encuentra diseminado en una gran parte del planeta y en América Central; se conoce con diversos nombres comunes: marango, palo jeringa, acacia y jazmín francés, entre otros.

Es una planta que se destaca por sus múltiples usos y adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas, por lo que constituye una opción para la alimentación, sobre todo en los países tropicales.



Imagen 5. *Moringa oleifera* (Marango) tomado de By [Survival Gardener](#).

Se concluye que la arbustiva *M. oleifera* tiene una gran plasticidad ecológica, ya que es capaz de adaptarse a las más diversas condiciones de suelo y clima. Su valor nutricional y los elevados rendimientos de biomasa, la hacen un recurso filogenético de importancia en los sistemas de producción.

Además es una planta que se puede emplear como cerca viva, cortina rompevientos, abono verde y para la producción de etanol y goma, entre otros; de ahí que sea una especie interesante para el trópico. (Pérez et al., 2010)

3.8 Latencia

El estado de dormancia, latencia o letargo es definido como la incapacidad de una semilla intacta y viable de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación. En particular, en el sector forestal se utiliza la palabra latencia, la cual proviene del latín "latensis" y significa oculto, escondido o aparentemente inactivo para referirse a esta incapacidad de la semilla a germinar, la cual puede constituir un problema por ejemplo para los programas de producción de plántulas en vivero. La intensidad de la latencia se encuentra influenciada por varios factores ambientales como son la temperatura, la humedad y el ambiente gaseoso, y a medida que el grado de latencia disminuye se amplía el rango de condiciones ambientales que permiten la germinación. Cuando se multiplica plantas por semillas, conviene abreviar este tiempo de latencia que es debido a dos causas: la impermeabilidad de la cubierta de la semilla y la latencia interna del propio embrión. Para vencer el letargo se acude

a procedimientos tales como inmersión en ácido sulfúrico, inmersión en agua caliente próxima a hervir, inmersión en agua fría entre otros. (Varela y Arana, 2010)

3.9 Tratamientos pregerminativos.

Los tratamientos pregerminativos son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas, tal que estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio son adecuadas para ello. (Donoso, 1993)

Los métodos pregerminativos más comunes son los siguientes:

Escarificación. Un gran número de especies leñosas forrajeras no germinan debido a que la testa o cubierta seminal es dura e impide la entrada de agua, y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada. Así la escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y los gases (Hartman y Kester, 1988).

Química con ácido sulfúrico. La escarificación química, consiste en remojar las semillas por períodos breves de 15 minutos a 2 horas, en compuestos químicos. Las semillas secas se colocan en recipientes no metálicos y se cubren con ácido sulfúrico concentrado en proporción de una parte de semilla por dos de ácido. El tiempo de tratamiento varía según la especie. (Patiño, 1983).

La sustancia química que más se utiliza para romper la latencia de la cubierta de las semillas forestales es el ácido sulfúrico en el grado 98 % siendo más estable en almacenamiento y es la forma más usual de lo que se describe como “ácido sulfúrico concentrado”. En algunas especies es más eficaz que el tratamiento con agua caliente. El tratamiento con ácido sulfúrico consta de los siguientes pasos: Es vital que el ácido concentrado sea añadido al agua y no al revés para aprovechar la alta capacidad calorífica del agua y la mayor temperatura de ebullición del ácido. Dejar que las semillas adquieran la temperatura ambiente, mezclar bien las semillas, mantener las semillas inmersas en el ácido durante el tiempo necesario, sacar las semillas del ácido y lavarlas enseguida con agua fresca para eliminar los restos del ácido y secar las semillas en una capa fina. Utilizar equipo de seguridad. (FAO, 1991).

Lixiviación. Las semillas son remojadas en agua con la finalidad de remover los imbibidores químicos presentes en la cubierta, este también es empleado con el fin de ablandar la testa. El tiempo de remojo puede ser de 12, 24, 48, y hasta 72 horas y en algunos casos cambiando el agua con cierta frecuencia. Habitualmente el remojo se efectúa en agua a temperatura ambiente pero también se han obtenido buenos resultados en agua caliente. (Hartmann y Kester, 1988).

Hormonas y otros estimulantes químicos. Existen otros compuestos químicos entre los más usados están: nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (AG3), citokininas entre otros.

3.10 Germinación

Es un proceso por el cual una semilla se desarrolla formando una plántula y posteriormente una planta, arbusto o en nuestro caso un árbol. Esto incluye un estado donde no hay actividad ninguna, conocido como estado de reposo o período de latencia a un estado de actividad, no obstante, este proceso viene necesitado de unos acontecimientos específicos de lugar y momento adecuado, estos son necesarios en diferentes circunstancias y características dependiendo de la especie a germinar.

La germinación es una secuencia de eventos influenciados directamente por varios factores internos y externos. Dentro de los factores externos se encuentran principalmente la humedad, temperatura, luz, oxígeno y CO₂, sustrato (pH, nivel de salinidad, medio). Los factores internos que intervienen son los promotores e inhibidores de la germinación, la activación metabólica en general y la regulación genética particular.

De acuerdo a (Besnier, 1989) la germinación se inicia con la entrada de agua en la semilla (imbibición) y finaliza con el comienzo de la elongación de la radícula. En condiciones de laboratorio, la posterior rotura de las cubiertas seminales por la radícula es el hecho que se utiliza para considerar que la germinación ha tenido lugar (criterio fisiológico). Sin embargo en condiciones de campo no se considera que la germinación ha finalizado hasta que se produce la emergencia y desarrollo de una plántula normal (criterio agronómico).

Otros autores (Varela y Arana, 2010) mencionan que la germinación involucra todos aquellos procesos que comienzan con la absorción de agua por la semilla quiescente, y terminan con la elongación del eje embrionario. La señal visible de la finalización de la germinación es, en general, la emergencia de la radícula embrionaria a través de las cubiertas seminales, aunque en el ámbito de la producción es aceptado que la señal de la germinación suele tomarse como la visualización de la plántula viable emergiendo del suelo.

3.11 Crecimiento de plantas arbóreas

¿Por qué puede ser importante para una planta poseer una tasa de crecimiento rápida?

Una ventaja ecológica sería que consigue un mayor tamaño (biomasa) en menos tiempo, que le permite a su vez captar más recursos (luz, agua y nutrientes) y en definitiva le confiere una mayor capacidad competitiva. Pero lo que supone una ventaja en condiciones ambientales favorables donde la competencia es un proceso

determinante de la supervivencia puede no serlo en condiciones adversas (sequía, altas o bajas temperaturas, escasez de nutrientes, salinidad entre otros) donde lo importante es tener tolerancia al estrés.

Las especies competitivas están adaptadas a conseguir tasas altas de crecimiento (productividad), pero a costa de una baja tolerancia al estrés; por el contrario, las especies tolerantes al estrés tienen bajas tasas de crecimiento incluso en condiciones favorables. (Grime, 1979).

Una tasa rápida de crecimiento, que permita a la plántula escapar pronto de los tamaños pequeños, más vulnerables, requiere unos tejidos de menor densidad que la vuelven más vulnerables a la acción de los herbívoros y los patógenos.

G. sepium, muestra ser muy competitiva y tiene la capacidad para establecerse como pionera en la regeneración secundaria ya que las leguminosas tienen gran capacidad de fijar nitrógeno en los nódulos que forman con *Rhizobium* condición que les permite ejercer una acción fertilizadora en suelos empobrecidos, no obstante existe un posible efecto alelopático de la especie sobre la germinación y crecimiento de otras especies de interés forestal antes de emplearse con propósitos silviculturales. (Flores y Rivera, 1985).

A. pennatula, una leguminosa mimosoidea, árbol disperso en potreros y en bosques secundarios desde México hasta el Ecuador. De acuerdo a Urrutia et al., (2012), se encontró para esta especie que la calidad de los rebrotes (longitud y diámetro basal) se ve estimulada cuando se hacen las podas a menos alturas, pero el incremento tanto de diámetro como de longitud de los rebrotes se ven incrementado cuando las alturas de podas se dan a cuatro metros de altura en plantaciones ya establecidas. Se concluye que a mayor altura de poda permite aumento en la sobrevivencia y número de rebrotes, con una menor longitud y diámetro de los mismos.

Las hojas son bastantes palatables para el ganado, las cabras y los cerdos y muchas veces las comen cuando hay pasto disponible. También los frutos maduros son palatables cuando se caen al suelo en verano (Durr, 1994).

Durante las últimas décadas, en México y Centroamérica, el establecimiento de árboles multipropósitos en terrenos ganaderos o agrícolas se ha incrementado debido a los beneficios ambientales y económicos que estos aportan. En este contexto *E. cyclocarpum* es una de las especies más demandadas para reforestar en fincas que buscan incrementar su rentabilidad con especies de alto valor comercial y ecológico (Ibrahim y Zapata, 2012). Sin embargo, para las reforestaciones con esta especie, con planta producida en vivero, enfrentan diversas condiciones adversas en el sitio de plantación que afectan el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Una planta de vivero es competitiva cuando, por sus características morfológicas y fisiológicas, se adapta rápidamente en el sitio de plantación.

Villar et al. (2012) argumentan que si en vivero se produce una planta vigorosa, con capacidad fotosintética elevada y con contenidos altos de reservas nutrimentales, se satisface esta condición.

Normalmente el ganado come bien las vainas, pero solo come bien las hojas cuando hay escasez de pasto (Durr, 1994).

La especie *G. ulmifolia*, es una especie de rápido crecimiento especialmente si se siembra en suelos de textura liviana, por debajo de los 800 m de altitud, con precipitaciones de 900 a 1500 mm, con estación seca marcada. La especie llega a crecer en altura de 2.4 a 2.9 m/año. La sobrevivencia en campo se ha tenido entre 75 y 95 % al primer año ya que no presenta mortalidad en los siguientes años. Es demandante de alta intensidad de radiación, resistente a la sequía, al fuego y a la pudrición de la madera. Es intolerante a suelos muy compactados, salinos o con altos contenidos de arcilla ya que la especie no desarrolla bien. Es susceptible al ataque de insectos del orden coleóptero y áfidos. (CATIE, 1991). La disponibilidad de hojas es limitada en zonas secas en verano, pero se compensa por la caída de los frutos.

Esta especie tiene gran capacidad forrajera. Para engorda de ganado bovino, porcino, venados, burros, zarigüeyas, caballos. Las hojas sirven de alimento al gusano de seda. Los frutos molidos constituyen un forraje de alto valor nutritivo. Por su altura, el forraje está disponible sólo cuando el árbol tira la hoja. Si el ganado come los frutos en exceso pueden causarle obstrucción intestinal.

En la *M. oleifera* el crecimiento de las plantas es rápido, tanto la germinación como el desarrollo inicial de las plántulas se ven beneficiados por condiciones parciales de sombra (Jahn et al., 1986). Plantas en tiestos en Puerto Rico alcanzaron de 20 a 30 cm de altura en seis semanas después de sembradas y las plantas alcanzan tamaño adecuado para el trasplante entre 30 y 50 cm de 2 a 3 meses después de sembradas. En la India en donde la Moringa se cultiva extensamente, se hace uso de estacas y plántulas germinadas en viveros para establecer plantaciones (Ramachandran et al., 1980).

IV. HIPÓTESIS

H_i: El tratamiento pregerminativo de escarificación química con ácido sulfúrico (H₂SO₄) al 98 %, obtiene mayor germinación de semillas de especies forestales de interés forrajero en relación a la escarificación mecánica y sumersión en agua a 75 °C.

H_i: Las especies nativas *A. pennatula*, *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *E. cyclocarpum* establecidas en bancos mixtos forrajeros tienen mayor crecimiento que la especie exótica *M. oleifera*.

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Área de Estudio

El estudio se realizó en dos zonas: La Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco "El Limón" (13°03'41" N, 86°21'45" O), del municipio de Estelí, a 850 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 22.3 °C y la precipitación media anual es de 804 mm, concentrada en la época lluviosa (mayo-octubre). El suelo es franco – arcilloso; y en la comunidad La Calabaza (13°03'34" N, 86°20'10" O), del municipio de Estelí, a 900 m.s.n.m. La temperatura media anual es de 21.9 °C y la precipitación media anual es de 804 mm, concentrada en la época lluviosa (mayo-octubre) y el suelo es franco - arcilloso.

5.2 Tipo de estudio

Según su enfoque filosófico es de tipo cuantitativo porque el fenómeno de estudio se cuantifica a través de conteo y mediciones de las variables de interés de las especies leñosas forrajeras. También se utilizó el método experimental el cual permitió el control de la variable explicativa (causa), sobre la variable explicada (efecto). Además, se considera analítico explicativo ya que determina la causa del fenómeno de estudio en función de los factores controlados según el interés del investigador.

Según el nivel de profundidad o alcance de la investigación es de tipo explicativo porque determina la causa - efecto del fenómeno objeto de estudio en función de los factores controlados o manipulados según el interés del investigador.

De acuerdo al tiempo en que se realizó la investigación, se clasifica de corte longitudinal porque las variables objeto de estudio se midieron en períodos de tiempo sucesivos, tanto en época seca como húmeda.

Esta investigación responde a la estrategia de la Protección de la Madre Tierra, Adaptación ante el Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo ante Desastre, contenida en el Plan Nacional de Desarrollo Humano de Nicaragua (PNDH, 2012-2016). Además, se responde a la línea de investigación de "Ciencias Agropecuarias" y sub línea "Sistema de Producción Pecuaria" de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua (UNAN-Managua) / Facultad Regional Multidisciplinaria (FAREM-Estelí) / Estación Experimental para el estudio del Trópico Seco "El Limón".

La Investigación se inició a partir del mes de Mayo 2017 con la elaboración y presentación del protocolo y se finalizó en el mes de Octubre 2018 con la conclusión del experimento.

5.3 Población

Todas las especies leñosas forrajeras del área de estudio del Trópico Seco.

5.4 Muestra

Especies leñosas forrajeras *Acacia pennatula*, *Guazuma ulmifolia*, *Gliricidia sepium*, *Enterolobium cyclocarpum* y una exótica *Moringa oleifera*.

Tabla 1. Matriz de operacionalización de variables e indicadores.

Objetivo general	Objetivos específicos	Variables	Indicadores
Evaluar el crecimiento de cuatro especies nativas arbóreas forrajeras <i>A. pennatula</i> , <i>G. ulmifolia</i> , <i>G. sepium</i> , <i>E. cyclocarpum</i> y una exótica <i>M. oleifera</i> , a fin de considerarlas en el diseño de sistemas silvopastoriles en el trópico seco nicaragüense.	Determinar el efecto de tratamientos pregerminativos en la germinación de semillas de especies forestales de interés forrajero.	Tratamientos pregerminativos físicos y químicos.	Número de semillas germinadas
	Determinar el crecimiento de especies leñosas establecidas en bancos mixtos forrajeros.	Crecimiento de plantas.	Diámetro del tallo al cuello de la raíz (mm). Altura (cm). Número de hojas.

5.5 Diseño Experimental

Se estableció un diseño experimental de Bloques Completamente al Azar (BCA) con cinco tratamientos experimentales, representados por cada una de las especies leñosas forrajeras: T₁: *Acacia pennatula*, T₂: *Guazuma ulmifolia*, T₃: *Gliricidia sepium*, T₄: *Enterolobium cyclocarpum* y una exótica T₅: *Moringa oleifera*. Con cuatro réplicas de cada especie en hileras (surcos) de 25 plantas a una distancia entre planta de un metro. Las dimensiones de los bancos de proteína (bloques) fueron de 25 m x 25 m, siendo un área total útil de 625 m².

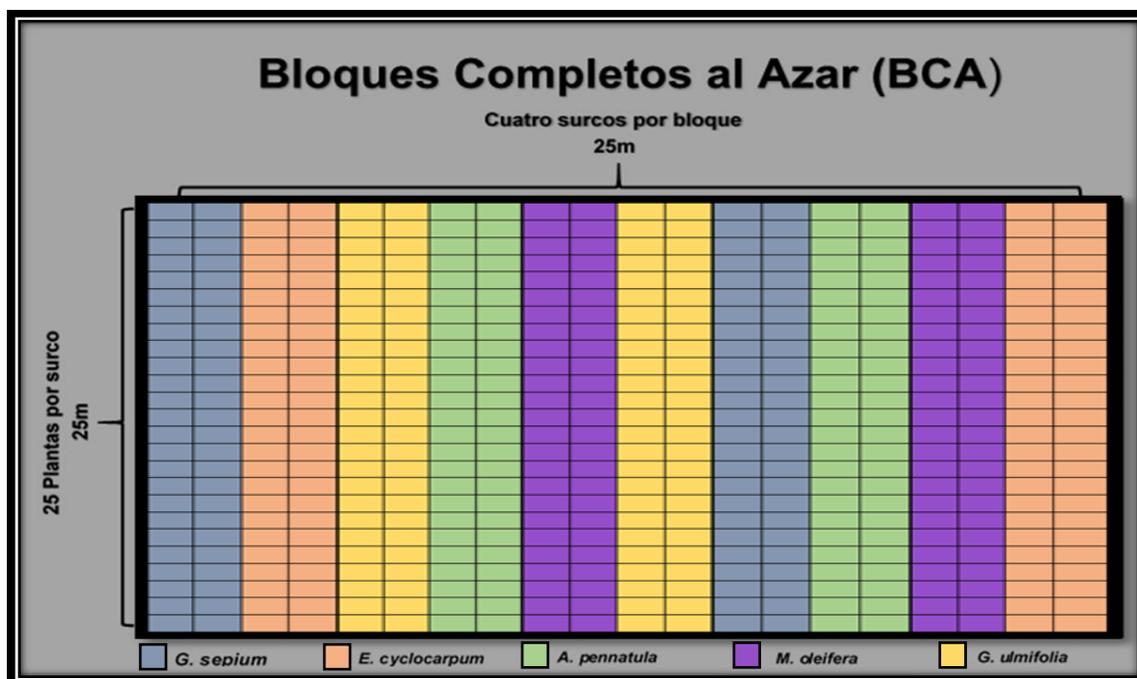


Figura 1. Esquema del diseño experimental de los bancos mixtos forrajeros.

5.6 Etapas generales del proceso de investigación

El proyecto de investigación se desarrolló en el marco de colaboración de la UNAN-Managua / FAREM-Estelí y la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB-España). El cual, es parte de una tesis doctoral del Programa de Doctorado en Ciencias Ambientales de la UNAN-Managua en colaboración con la UAB.

5.6.1 Etapa de gabinete: Revisión de antecedentes y elaboración del protocolo de investigación.

Se realizó en motores de búsqueda, la recuperación de artículos científicos en formato digital relacionados con el fenómeno objeto de estudio. También, se consultaron revistas científicas impresas y trabajos monográficos existentes en la biblioteca Urania Zelaya de nuestra Facultad.

Estas fuentes de información, permitieron la familiarización con el fenómeno de objeto de estudio (tema), la disponibilidad de diferentes recursos metodológicos, para la elaboración del marco teórico y la discusión de los resultados encontrados en el proceso de investigación. Lo antes expuesto, facilitó la formulación de hipótesis, el diseño de los instrumentos (matrices) de recolección de datos en laboratorio (Anexo 1) y campo (Anexo 2).

También se buscaron soportes físico-materiales como mapas de distintas índoles, climáticos, geológicos, administrativos, ecológicos, etc. Esto se hizo para poder entender mejor como se distribuye la zona de estudio, qué características tiene a nivel de suelo y climático y así poder precisar mejor como realizar nuestro estudio y que consideraciones se deberían tomar.

5.6.2 Etapa de laboratorio: Aplicación de tratamientos pregerminativos

Inicialmente se realizó la fase de laboratorio que consistió en la aplicación de los tratamientos pregerminativos, entre ellos:

Escarificación química con ácido sulfúrico al 98 %

Se emplearon un total de 100 semillas por cada especie del estudio, las cuales se sumergieron en una solución con ácido sulfúrico al 98 % por media hora, una vez que se cumplió el tiempo, se coló el ácido con un colador y las semillas se lavaron por tres veces con agua destilada para eliminar los restos que pudieron haber quedado del ácido. Posteriormente se colocaron en cajas Petri en un sustrato de papel toalla, la bandeja se tapó con plástico y se hizo un monitoreo a partir del primer día para contabilizar el número de semillas germinadas. Por medidas de seguridad se utilizaron guantes de cuero, máscara para los gases y gafas de protección.



Imagen 6. Aplicación del tratamiento pregerminativo de ácido sulfúrico al 98% a semillas de *Acacia Pennatula*.

Escarificación mecánica

Se utilizó una lija gruesa (N° 60) para lijar toda la semilla y provocar una pequeña incisión y lograr que penetre la humedad en el embrión y la semilla germine, es una práctica de mucha labor y mucho cuidado para no romper el embrión y que éste muera, lo cual se puede utilizar para pequeños lotes de semilla, de igual manera se colocaron 100 semillas en la bandeja de plástico con papel de toalla como sustrato, se tapó cuidadosamente y se hizo el monitoreo para el conteo de las semillas desde el primer día.

Baño en agua a 25 °C y 75 °C

El baño en agua a 25 °C consistió en sumergir las semillas de marango en agua a 25 °C durante 24 horas, en vasos de precipitados usando 100 semillas.

El baño en agua con agua a temperatura de 75 °C, consistió en sumergir la muestra de 100 semillas de cada especie, en vasos de precipitados hasta alcanzar la temperatura requerida, para lo que se utilizó un calentador y un termómetro para medir la temperatura requerida por cuatro horas. Posteriormente las semillas se pusieron en bandeja de plástico con papel toalla, se regaron diariamente para mantener la humedad del sustrato, durante este período se observó el resultado de la germinación.

Control

No se aplicó ningún tratamiento pregerminativo a las semillas de las especies de *G. sepium* y *M. oleifera*. Para ello se utilizaron 100 semillas de cada especie, se colocaron en platos Petri con papel húmedo, bajo poca luz, y solo se regaban cada dos días para mantener la humedad y hacer el conteo de la germinación.

Germinación

El valor de la germinación se consideró como la visualización de la plántula viable emergiendo del sustrato donde fueron colocadas las semillas de las especies con todas sus partes intactas y desarrolladas, no se incluyó el número de semillas contaminadas, enfermas, dañadas y número de semillas no germinadas.

Para las especies que se aplicaron los tratamientos pregerminativos de la inmersión de la semilla en ácido sulfúrico al 98 %, escarificación mecánica, baño de agua 25 °C y 75 °C se contaron el número de semillas germinadas de un total de 100 semillas, que suele tomarse desde el primer día hasta los 20 días.

5.6.3 Etapa de vivero: Establecimiento de vivero en condiciones controladas.

Una vez realizada la fase para encontrar el mejor método pregerminativo para potenciar los porcentajes de germinación de las distintas especies, las plántulas necesitaron un medio donde crecer y fortalecerse ubicándolas en un vivero. Como sustrato se utilizó una mezcla en proporciones de 75% de tierra franco arcilloso y 25 % de cascarilla de arroz.

Se llenaron 2000 bolsas y se sembraron 400 plantas de cada especie. Estas plantas en el vivero se les suministró cuidado y mantenimiento por un período de dos meses para evitar ser afectadas por factores externos como el clima, falta o sobresaturación de agua, afectación por insectos, daño de animales herbívoros que se mantienen libremente en el campo, entre otros, que favoreciera el crecimiento óptimo de las especies para ser trasplantadas al campo definitivo de los bancos mixtos forrajeros.



Imagen 7. Preparación de Sustrato.



Imagen 8. Establecimiento de Vivero.

5.6.4 Etapa de campo: Establecimiento de los bancos mixtos forrajeros.

Se realizó la preparación del terreno que consistió en la delimitación o cercado con alambre de púas calibre 13, limpia manual y el hoyado del terreno. Posteriormente se sembraron las especies de acuerdo al diseño experimental (BCA) quedando establecidos los bancos mixtos forrajeros en las dos localidades.



Imagen 7. Preparación del terreno y establecimiento de banco mixto forrajero.

5.6.5 Crecimiento de plantas

Para determinar el crecimiento de las plantas de especies leñosas establecidas en bancos mixtos forrajeros se consideraron las características morfológicas de diámetro del tallo al cuello de la raíz (mm); altura de planta (cm); y número de hojas.

Estas mediciones se realizaron un mes después de ser plantadas en campo, dos veces por mes durante un año.

Diámetro del tallo al cuello de la raíz (mm)

La medición se hizo con el instrumento Pie de Rey considerando el grosor del tallo al cuello de la raíz.

Altura de planta (cm)

Se realizó la medida de la base del tallo hasta el brote terminal o apical, para lo cual se utilizó una regla graduada de un metro.

Número de hojas.

Se contabilizó el número de hojas que se presentaron en cada una de las especies.



Imagen 8. Crecimiento de *Acacia pennatula*.

5.6.6 Etapa de gabinete final: Tratamiento estadístico de los datos y elaboración del informe final de investigación.

Los datos de germinación se analizaron con un Modelo Lineal Mixto (MLM), donde la variable respuesta fue el número de semillas germinadas y las explicativas: los tratamientos pregerminativos y la especie. Se utilizó el programa “nlme” (Pinheiro et al., 2021) de la plataforma de análisis R (R Core Team, 2021).

Además, se determinó la normalidad de los datos para las variables de crecimiento (diámetro del tallo al cuello de la raíz, altura y número de hojas), a través de una prueba de Shapiro-Wilks. Posteriormente se realizó Análisis de Varianza no Paramétrico de Kruskal Wallis. Se utilizó el programa InfoStat versión libre 2013.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Efecto de los tratamientos pregerminativos en semillas de especies forestales de interés forrajero.

El modelo mixto explicó con base a un 98 % de la variabilidad total las diferencias significativas entre los tratamientos pregerminativos aplicados para las especies forestales *G. ulmifolia*, *E. cyclocarpum* y *A. pennatula* (Figura 2). Indicando que la germinación fue más alta cuando se utilizó la escarificación química con ácido sulfúrico al 98 % con un promedio de semillas germinadas de (43 ± 6) , en comparación con la escarificación mecánica que el promedio obtenido de semillas germinadas fue de (17 ± 7) , baño en agua 75 °C (5 ± 3) y el control con una germinación de (2 ± 0.3) donde no se realizó ningún tratamiento pregerminativo.

Además, se trabajó con *M. oleifera* y *G. sepium* a los cuales no se le aplicó ningún tipo de tratamiento ya que no lo necesitaban; esto lo señala también (Flores y Rivera, 1985), que las semillas de *G. sepium* son fanerocotilares y de germinación epígea, no requieren ningún tipo de escarificación para germinar, en el campo la producción de mantillo provee un medio húmedo adecuado para la germinación de las semillas durante la época lluviosa. Con frecuencia se observan plántulas cerca de los árboles madre pero casi nunca bajo su sombra.

Este resultado de la eficacia del tratamiento de la escarificación química con ácido sulfúrico coincide con los siguientes autores (Somarriba y Ferreiro, 1984) que encontraron que la inmersión de semillas de guanacaste en ácido sulfúrico alcanza una capacidad de germinación alta. Así mismo, CATIE (2003), señala que las semillas de esta especie en mención son grandes, ortodoxas, por lo que se pueden almacenar bajo condiciones convencionales ($< 4^{\circ}\text{C}$ en envases herméticos), pero requieren pretratamiento para germinar mediante un método mecánico, agua caliente o ácido sulfúrico.

Según Peralta (2019), menciona que semilla de guanacaste sometida a tratamientos pregerminativos como es la escarificación mecánica y el remojo en agua obtuvo una germinación de 86 % y 65 % respectivamente. Para el guácimo presenta el 49 % de germinación con tratamiento pregerminativo de remojo en agua a punto de ebullición y en lo que respecta al madero negro solo se sometió a la exposición de la luz obteniendo un 94 % y con tratamiento sin luz un 100 % de germinación lo que confirma lo encontrado en el presente estudio que no se aplicó ningún tratamiento pregerminativo a esta especie en mención.

Los resultados que arrojaron los tratamientos pregerminativos de inmersión de la semilla en ácido sulfúrico, escarificación mecánica y baño en agua caliente se

pueden explicar porque cada uno de los tratamientos actúa de la siguiente forma: el ácido adelgaza la testa de la semilla, la escarificación mecánica reduce la resistencia mecánica de la testa y el baño de agua caliente ablanda la testa al mismo tiempo permite que los espacios intercelulares queden conectados; (Kramer y Kozlowski, 1979). Estos tratamientos, por lo tanto permiten o facilitan el contacto del agua con el embrión y estimulan su desarrollo (Viveros et al., 2015).

El valor de la germinación es un parámetro que está ligado a la velocidad de germinación influenciada por los tratamientos pregerminativos aplicados en las semillas, cuanto mayor sea la energía de germinación de un lote determinado de semillas (aspecto que está directamente relacionado al efecto de determinado tratamiento pregerminativo aplicado) mayor es el valor de la germinación (Suárez y Mendoza, 2013).

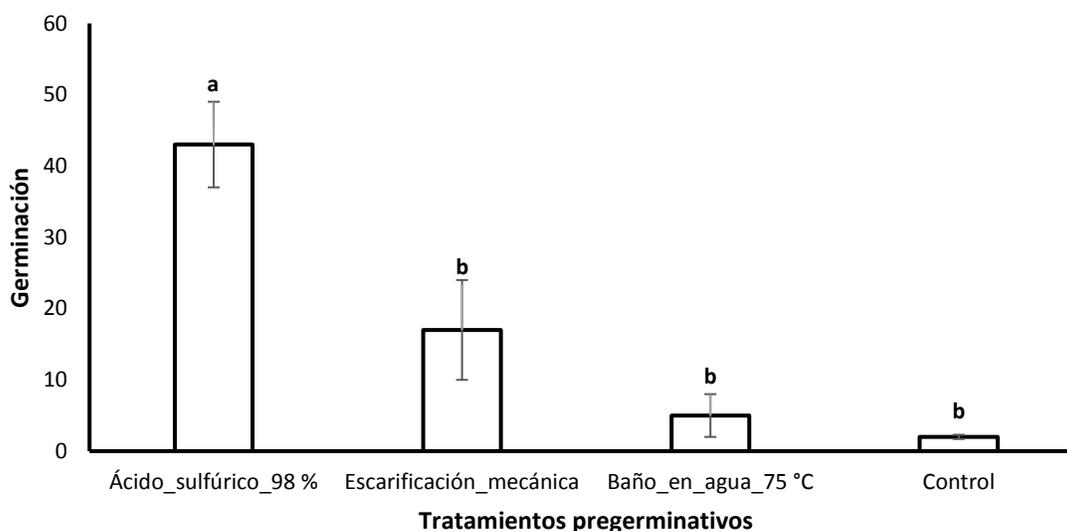


Figura 2. Promedio de semillas germinadas en función de diferentes tratamientos pregerminativos.

Este modelo indica, que no hubo diferencias significativas en relación Especie-Germinación, (Figura 3) presentando el guanacaste un promedio de germinación de (20 ± 6) seguido de la especie del carbón que presentó una germinación de (17 ± 5) y el guácimo con el valor más bajo de (12 ± 5) lo cual se puede inferir que el comportamiento de la germinación es similar entre las especies, sin embargo esto da lugar a sugerir que los bajos valores de número de semillas germinadas puede afectar negativamente su crecimiento en las etapas siguientes.

También, se puede explicar que a pesar de los diferentes tamaños y estructuras de las testas de las semillas de estas tres especies (*E.cyclocarpum*, *A.pennatula* y *G. ulmifolia*) fueron las que obtuvieron mayores valores en la germinación cuando se

empleó ácido sulfúrico al 98 % de concentración, estos resultados coinciden o se contradicen con diferentes autores.

A manera de comparar los resultados del presente estudio con la literatura se contradice con lo que menciona CATIE (2000), que la tasa de germinación del guanacaste presenta un resultado del 90% con escarificación manual. Otros tratamientos como inmersión en agua caliente o ácido sulfúrico concentrado también son efectivos.

Por otra parte, la especie de guácimo con tratamiento pregerminativo, las semillas frescas presenta una tasa de germinación de 80 % (CATIE, 2000). Este resultado difiere a lo encontrado en el estudio.

¿Por qué la germinación de las semillas es muy baja con respecto a otros estudios, como se superaría este problema de la germinación de las semillas?

En el proceso de la germinación hay muchos factores externos e internos que pueden afectar o intervenir en este proceso, entre ellos la procedencia u obtención de la semilla, lo cual no fue objeto del estudio pero es relevante mencionar para próximos experimentos, para el caso del *Guazuma ulmifolia* las semillas se extrajeron de frutos que se recolectaron directamente del suelo de árboles que se encontraban en las comunidades donde se dispusieron las parcelas experimentales, para *Enterolobium cyclocarpum* y *Gliricidia sepium* se colectaron las semillas directamente del suelo, las semillas de *Acacia pennatula* se recolectaron directamente de la bosta de la vaca, las cuales habían sido suministrada como alimento en lombricultura y las semillas de *Moringa oleifera* se compraron en el Centro Forestal de Mejoramiento Genético, León- Nicaragua.

Además, se puede mencionar que los árboles individualmente producen semillas que varían en tamaño, estructura y viabilidad lo cual puede ser un factor que interviene en el proceso de la germinación para alcanzar bajas o altas tasas de germinación.

Para el caso de *Guazuma ulmifolia*, la viabilidad se pierde rápidamente sin refrigeración, posee una latencia física y exógena, es una semilla ortodoxa por tener una alta capacidad de almacenamiento. El número de semillas por kilogramo: 150,000 a 195,000. De éstas alrededor de 38,000 son viables, por su tamaño reducido, se hace imposible la escarificación mecánica, sin embargo, por las características propias del mucílago que cubre la testa se requiere de un tratamiento pregerminativo ya sea químico o baño de agua, para su multiplicación por semillas en condiciones de vivero.

De acuerdo a lo encontrado por Viveros et al. (2017) se puede decir que, la germinación de *Enterolobium cyclocarpum* evaluada por los parámetros germinativos difiere entre procedencias (entre 28 y 90 %), esto indicó bajas y altas tasas de germinación. En las procedencias que presentan bajo porcentaje de germinación, posiblemente en un futuro pueden presentar problemas en su repoblación. Las variables geográficas del origen de las semillas no tienen efecto sobre los parámetros germinativos. En cambio, la precipitación que cae durante el periodo de crecimiento influye en la capacidad germinativa y germinación media diaria; esta asociación muestra que, a mayor precipitación, mayor capacidad germinativa y mayor germinación media diaria de semillas de *E. cyclocarpum* en la costa de Oaxaca, México.

Para esta especie la germinación en condiciones normales es muy tardada debido a su testa extremadamente dura que impide la germinación hasta que es sometida a tratamientos pregerminativos que modifiquen su estructura y permita la hidratación del embrión. Con escarificación se logra la germinación en un lapso de 14 a 20 días, con un tiempo promedio de 17 días (Palma-García et al., 2018).

El tipo de latencia es física por poseer una testa impermeable al agua, lo que hace que su germinación sea lenta y dispareja. Ante esta situación es necesario aplicar tratamientos pregerminativos para obtener una germinación rápida y uniforme pues de no hacerlo *E.cyclocarpum* tiene un porcentaje de germinación del 8 % aproximadamente (Bush et al., 1997).

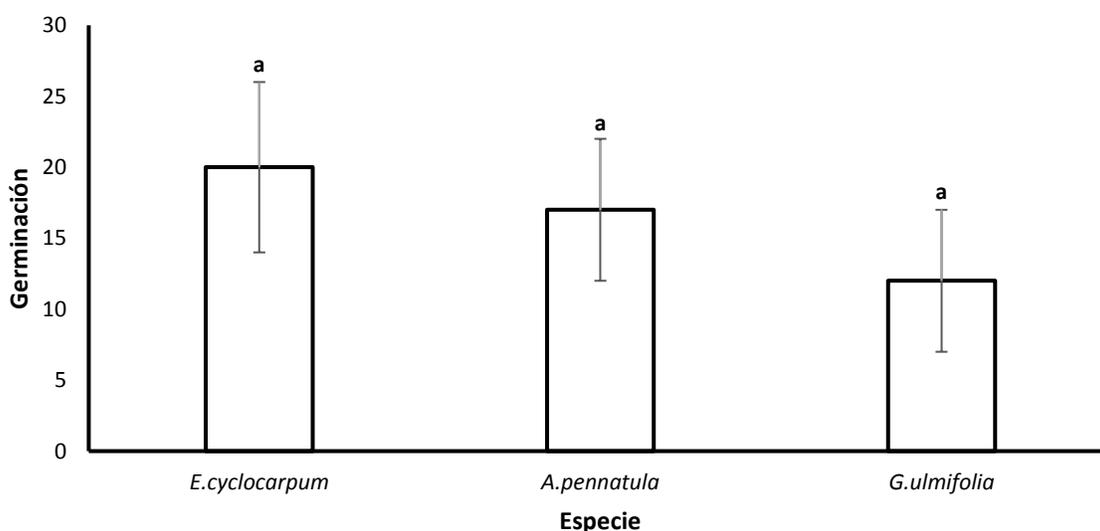


Figura 3. Promedio del número de semillas germinadas en función de las especies.

6.2. Crecimiento de especies leñosas establecidas en bancos mixtos forrajeros.

En la (Figura 4) se observa que se detectaron diferencias significativas entre las especies respecto al diámetro ($H_{748.04}$; $p < 0.0001$). La especie *G. sepium* fue la que respondió más favorablemente con (4.92 ± 1.07 mm) de diámetro del tallo al cuello de la raíz, esto es un buen indicador que puede favorecer su resistencia para soportar factores adversos externos como animales rumiantes, seguido de la *E. cyclocarpum* con (3.57 ± 0.56 mm) lo cual se puede comparar con los resultados obtenidos por (Basave Villalobos, et al., 2014) que indica que la capacidad de crecimiento en *E. cyclocarpum* es afectada por las podas, pues los valores más elevados en altura y diámetro correspondieron a las plantas sin podar, no obstante en los presentes resultados las especies fueron sometidas a cortes.

Con respecto a la *M. oleifera* especie exótica obtuvo un diámetro de (2.62 ± 0.52 mm), reforzado por (Chuquihuaraca, 2020) quien encontró un promedio de diámetro de 0.46 cm donde cotejó que el tipo de sustrato no tiene efecto sobre el diámetro del tallo, esto sugiere que el sustrato no influyó en el presente estudio dado que se empleó el mismo sustrato para todas las especies.

El restante de las especies nativas *A. pennatula* obtuvieron los valores de (1.89 ± 0.68 mm) y *G. ulmifolia* con (1.52 ± 0.34 mm).

En base a estos resultados se puede atribuir que la diferencia entre especies, puede ser debido a las variaciones de los patrones de crecimiento, así mismo, se puede decir que posiblemente entre menor sea la edad de las plantas estas son más vulnerables al estrés que ocasiona la práctica de la poda de acuerdo a lo que menciona Cetina et al., (1999). Cuando la multiplicación o reproducción de las plantas arbóreas es por semillas se debe de tener en cuenta los factores internos y externos que favorece o afecta su reproducción para su trasplante y obtener una plantación definitiva.

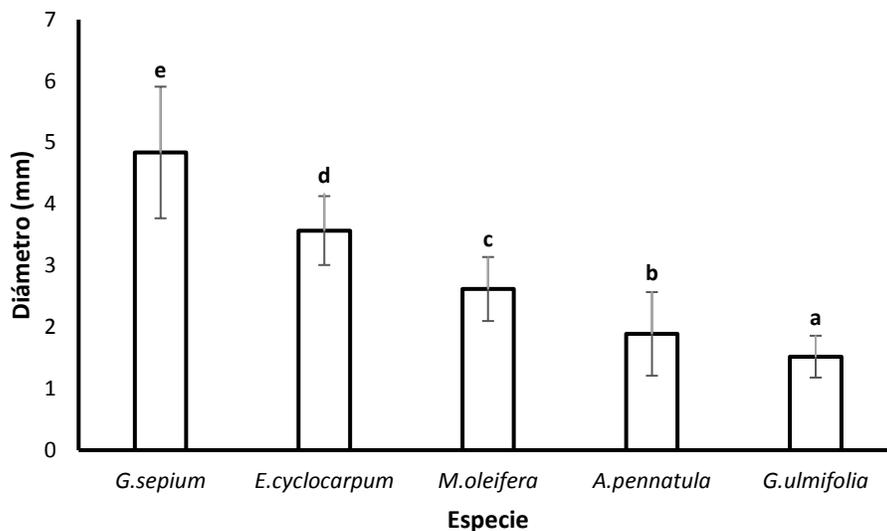


Figura 4. Promedio de diámetro del tallo al cuello de la raíz, de cinco especies arbóreas.

En la figura 5, se muestra que hubieron diferencias significativas entre las especies ($H_{671.61}$; $p < 0.0001$) con respecto a la altura (cm); los mayores valores en relación al indicador de crecimiento y calidad de las plantas a través de la altura en cm, de cada especie, los obtuvieron las especies nativas *E. cyclocarpum*, (24.97 ± 5.14 cm) siendo esta especie que alcanza mayor altura lo que denota un crecimiento muy rápido pero un diámetro menor del tallo, *G. sepium* tuvo una menor altura (22.75 ± 5.81 cm) pero mostró un mayor grosor del tallo, esto podría sugerir un buen indicador para su crecimiento en la etapa adulta lo que la haría más disponible para su consumo, y la especie exótica *M. oleifera* (17.31 ± 4.52 cm) en comparación a las dos primeras especies nativas en mención disminuye su grosor en diámetro y altura. No obstante las otras especies nativas *A. pennatula* (12.57 ± 4.34 cm) y *G. ulmifolia* (5.4 ± 1.83 cm) presentan valores menores en altura lo que se puede relacionar con su tamaño pequeño como plantas arbóreas adultas.

La misma autora mencionada anteriormente, (Chuquihuaraca, 2020), encontró para la especie de la moringa que el tipo de sustrato tuvo efecto sobre la altura de planta, obteniendo el mayor promedio de 64.91 cm para el sustrato (Tierra agrícola 50% + Arena 25% + Compost de café 25%); esto sugiere que el sustrato que se utilizó en el presente estudio no haya favorecido el crecimiento rápido de la moringa por no superar a todas las especies nativas en cuanto a la altura.

De acuerdo a lo encontrado por González et al. (2020) las especies difieren respecto a la altura, encontrando con mayor altura la especie *G. ulmifolia* destacando que en el uso de biochar 2.5% alcanzó su punto máximo lo que no concuerda con el presente estudio porque la altura de *G. ulmifolia* fue la que obtuvo

la menor altura aunque cabe señalar que en este estudio se utilizó otro tipo de sustrato.

Según Rueda-Sánchez et al. (2014), una planta es de buena calidad cuando tienen una altura superior a los 15 cm coincidiendo con nuestro estudio en donde se encontró que las especies *G. sepium* (22.75 ± 5.81 cm), *E. cyclocarpum* (24.97 ± 5.14 cm) alcanzaron los mayores valores en cuanto a la altura, debido a que esta variable se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración, siendo las plantas más altas las que pueden competir de mejor manera con los factores externos para su sobrevivencia. Se menciona que la especie *G. sepium* tiene un desarrollo rápido y el inicio del crecimiento secundario inicia entre los 28 y 43 días después de la germinación.

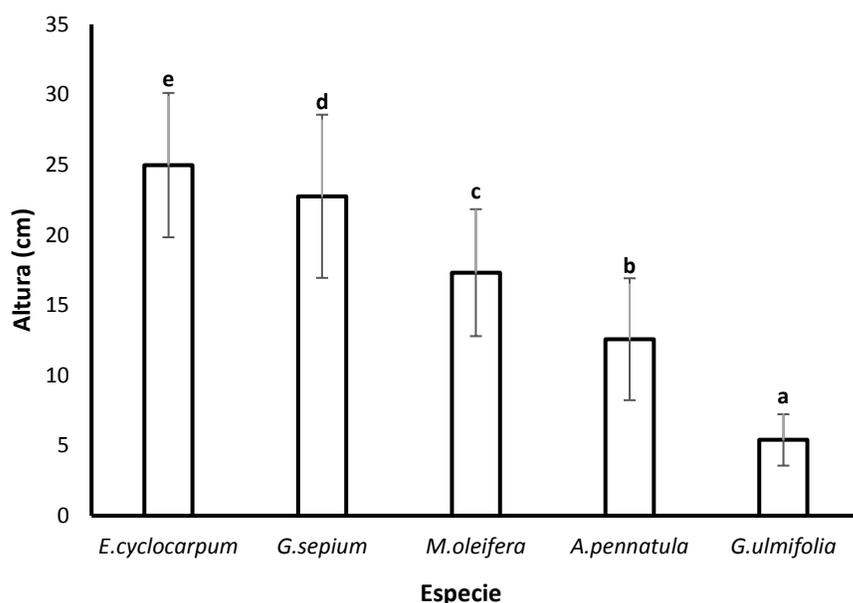


Figura 5. Promedio de Altura en relación de cinco especies arbóreas forrajeras.

En la (Figura 6) se puede evidenciar que con respecto al número de hojas se encontraron diferencias significativas ($H_{269.87}$; $p < 0.0001$) entre las especies en estudio. Siendo *G. sepium* la que obtuvo una mayor cantidad de hojas (7.78 ± 2.2) con respecto al restante de especies, en segundo lugar se encuentra *E. cyclocarpum* (7.55 ± 1.58) y *A. pennatula* con (7.49 ± 2.51) indicando una buena generación de hojas, el número de hojas es un dato importante, al ser el follaje fuente de alimentación para el ganado.

Para el *G. ulmifolia* el número de hojas obtenido fue de (5.89 ± 1.45), cabe destacar que esta hoja es simple a diferencia de las otras especies restantes que son

compuestas y la especie exótica *M. oleifera* (4.51 ± 2.22) fue la que obtuvo menor cantidad de hojas en comparación a las especies nativas lo que no la hace promisorio para establecerla en los bancos mixtos forrajeros.

Diversos autores han mencionado que después de la poda, la planta invierte mayores recursos en producir nuevos tallos y hojas que resulta, consecuentemente, en una mayor relación de hojas y rebrotes tiernos, lo que se encuentra relacionado con un forraje de mejor calidad (Latt et al., 2000; Camacaro et al., 2003; Harmand et al., 2004).

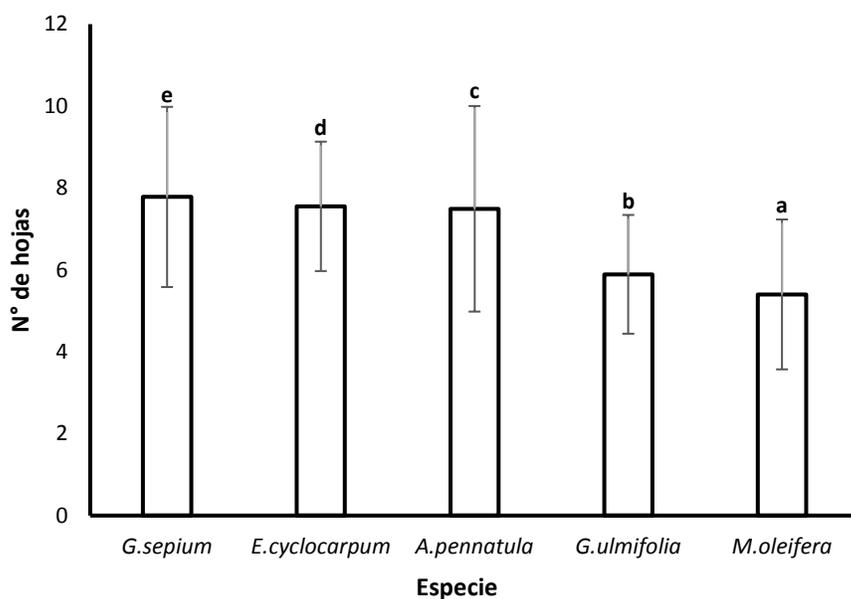


Figura 6. Promedio de número de hojas de especies forrajeras.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos se acepta la hipótesis que el tratamiento pregerminativo de escarificación química con ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98 %, obtuvo mayor germinación de semillas de especies forestales de interés forrajero en relación a la escarificación mecánica y sumersión en agua a 75 °C.

También se acepta la hipótesis planteada sobre las especies nativas *A. pennatula*, *G. ulmifolia*, *G. sepium*, *E. cyclocarpum* establecidas en bancos mixtos forrajeros tuvieron mayor crecimiento que la especie exótica *M. oleifera*.

Es importante señalar que las especies nativas en estudio, son de gran importancia por considerarse adaptadas, de gran abundancia y por considerarse una fuente de suplemento proteínico en el ganado en la zona del Trópico Seco de Estelí, lo que se puede inferir en lo siguiente:

G. sepium (madero negro) es la especie nativa más promisoría por presentar altos valores en cuanto diámetro del tallo, una altura de planta aunque menor que el guanacaste pero produjo mayor cantidad de hojas que es la parte comestible de los herbívoros.

E. cyclocarpum (guanacaste) es la especie con mayor altura con respecto al resto de especies pero no obtuvo un tallo grueso y resistente y la cantidad de hojas no es muy significativa.

A. pennatula (carbón) su crecimiento fue lento, determinado por el diámetro y altura de planta, número de hojas y por su característica de su corteza externa áspera, fisurada y con espinas que puede ser una limitante para fines de manejo del cultivo.

El *G. ulmifolia* (guácimo) fue la que presentó menor crecimiento que el restante de las especies nativas, lo cual se puede decir que el crecimiento fue lento de acuerdo a sus bajos valores en cuanto al diámetro, altura de planta y producción de hojas, esto deduce un tallo delgado si se considera que es una especie arbórea. Estos parámetros con bajos valores podrían sugerir que la reproducción por semillas sería más lenta.

El *M. oleifera* (marango) siendo la especie exótica en comparación a las nativas fue la que obtuvo menor cantidad de número de hojas y en cuanto al diámetro y la altura sus valores no fueron superiores en relación a las especies nativas.

VIII. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se pueden sugerir con base a la experiencia vivida y el conocimiento construido durante las diferentes etapas del estudio, pueden ser de carácter reflexivo o bien para su implementación.

1. Implementar otros métodos pregerminativos de las semillas de especies leñosas de interés forrajero.
2. Ampliar el periodo de seguimiento de las variables de crecimiento.
3. Realizar análisis bromatológicos al forraje de las especies establecidas en bancos mixtos forrajeros.
4. Simular diferentes formas de aprovechamiento (corte – acarreo y ramoneo directo) en bancos mixtos forrajeros.
5. Establecer bancos mixtos forrajeros en mayor número de localidades para seguir consolidando los conocimientos sobre el comportamiento vegetativo de las especies estudiadas.
6. Establecer experimentos para determinar el tiempo óptimo de inmersión en ácido sulfúrico en diferentes concentraciones, de acuerdo a cada especie ya que hay semillas que han estado almacenadas durante un tiempo prolongado y deben permanecer más tiempo en ácido sulfúrico que las semillas frescas.
7. Compartir los hallazgos encontrados, mediante la Estrategia de Comunicación de La Estación Experimental El Limón, a productores ganaderos en zonas aledañas.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Basave Villalobos, E., López López, M.A., Cetina Alcalá, V.M., Aldrete, A. y Almaraz Suárez, J.J. (2014). Prácticas culturales en vivero que influyen en la calidad de planta de *Enterolobium cyclocarpum*. BOSQUE 35(3): 301-309, 2014. Instituto Tecnológico Superior de Venustiano Carranza, México. Departamento de Ingeniería Forestal.
- Besnier Romero, F. (1989). Semillas. Biología y Tecnología. Ed. Mundi-Prensa. Madrid. 637 p.
- Brown, S. and Lugo, AE. (1990). Tropical secondary forest. *Journal of Tropical Ecology*, 6: 1-32.
- Bush, M.S., Jara, L.F. y Franco, E. (1997). Viabilidad de semillas pre tratadas de *Caesalpinia velutina* (B & R) Stand., *Enterolobium cyclocarpum* (J) Griseb. y *Leucaena leucocephala* (Lamb.) de Wit. Boletín de Mejoramiento Genético y Semillas Forestales. 18: 8-14.
- Camacaro, S., Baute, N. y Machado, W. (2003). Efecto de la poda y el pastoreo sobre la producción de biomasa de *Gliricidia sepium*. *Zootecnia Tropical* 21(4):399-412.
- CATIE (2000). Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. (Serie técnica, Manual técnico /CATIE; no. 41)
- CATIE (2003). Árboles de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica. 1091 p.
- CATIE (1991). Guácimo, *Guazuma ulmifolia* Lam., especie de árbol de uso múltiple en América Central. Informe Técnico No 65.
- Cetina, V.M., Hernández V, A.G. y Hernández, J.V. (1999). El manejo en vivero de *Pinus greggii* Engelm y la calidad de planta. *Agrociencia* 33: 423-430.
- Chuquihuaraca Concha, J.V. (2020) Evaluación de tratamiento pregerminativo y tipos de sustratos en la producción de plántones de Moringa en vivero. [Trabajo fin de grado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] La Merced-Perú. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/20>.
- Crawley, M.J. (1997). Plant herbivore dynamics. En M.J. Crawley (ed.) *Plant Ecology*, Second Edition, Blackwell Science, Oxford.
- Donoso, C. (1993). Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica, Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 483 p.
- Durr, P. (1994). Manual de árboles forrajeros de Nicaragua. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Managua, Nicaragua. Cooperación Suiza al Desarrollo y Cooperación Internacional para el Desarrollo. 125 p
- EURAF (2018). Silvopastoralismo. European Agroforestry Federation.

- FAO (1991). Guía para la manipulación de semillas forestales. FAO, Roma, Italia.
- FAO (2019). Conjunto de Herramientas para la Gestión Forestal Sostenible (GFS). Regional silviculture of the United States. 3rd edition. John Wiley & Sons, Inc.
- Flores, M.E. y Rivera, D.O. (1985). Germinación y desarrollo de la plántula de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud (Papilionaceae). Revista de Biología Tropical 33 (2), 157-161, 1985. Ver en revistas.ucr.ac.cr
- Palma García, J.M., González y C. Islas, R. (2018). *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable*. Universidad de Colima, México.
- González Z, J.M., López C, R.E. y Gutiérrez C, T.U. (2020). Efecto del biochar sobre el crecimiento y sobrevivencia de seis especies forestales con potencial uso para la restauración de suelo degradado, [Trabajo fin de grado, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua- FAREM- Estelí].
- Grime, J.P. (1979). Plant strategies and vegetation processes. Wiley, Chichester, Reino Unido.
- Harmand, J.M., Forkong, N.C., Bernhard Reversat, F and Puig, H. (2004). Aboveground and belowground biomass, productivity and nutrient accumulation in tree improved fallows the dry tropics of Cameroon-Forest Ecology and Management. 188:249-265.
- Hartley, S.E. and Jones. C.G. (1996). Plant Chemistry and Herbivory, or Why the World is Green. In: Plant Ecology, Second Edition (ed M.J. Crawley), Blackwell Publishing Ltd., Oxford, UK. Pp 284-324.
- Hartmann, H y Kester, D. (1988). Propagación de Plantas. México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 760 pp. Kemp, 1975
- Hunter, M. D. & Schultz, J.C. (1995). Fertilization mitigates chemical induction and herbivore responses within damage oak trees. Ecology, 76: 1226-1232
- Ibrahim, M. y Zapata, P. (2012). Producción de madera en sistemas silvopastoriles. In Detlefsen G, E. Somarriba eds. Producción de madera en sistemas agroforestales de Centroamérica. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. P, 112-132.
- Jahn, Samia al Azaharia., Musnad, Hassan, A. and Burgstaller Heinz (1986). The tree that purifies water. Cultivating multipurpose Moringaceae in the Sudan. Unasyuva. 38(2):23-28. www.fao.org/3/r7750e04.htm Kramer, P.J. and Kozlowski, 1979. Physiology of woody plants. Academic Press. New York, NY, USA. 826 p.
- Kramer, P.J and Kozlowski, T. (1979). Physiology of woody plants. Academic Press. New York, NY, USA. [Links] Red SciELO México.
- Latt, C.R., Nair, P.K.R and Kang, B.T (2000) Interaction among cutting frequency, reserve carbohydrates, and post cutting biomass production in *Gliricidia sepium*, and *Leucaena leucocephala*. Agroforestry Systems. 50:27-46.

- Marcelo, R. (2015). Proyecto enfoques silvopastoriles integrados para el manejo de ecosistemas, CATIE.
- Mendieta, M.L y Rocha, M.L. (2007). Sistemas agroforestales. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. Abril 2007. Recuperado de repositorio.una.edu.ni
- Ministerio de Agricultura de España (2017). Forrajes.
- Patiño, F. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín México D. F. 60 p.
- Peralta Ramos, G.R. (2019). Ensayo de germinación de especies forestales con diferentes tratamientos pregerminativos a nivel de laboratorio en la UNA. Managua, Nicaragua.
- Pérez, A., Sánchez, T., Armengol, N y Reyes, F. (2010) Características y potencialidades de *Moringa oleifera*, Lamark. Una alternativa para la alimentación animal. Pastos y Forrajes, vol. 33, no. 4, 2010.
- Pinheiro, J., Bates, D., Debroy, S., Sarkar, D. and R Core Team. (2021). Nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-121. <http://CRAN.R-project.org/package=nlme>.
- Ramachandran, C., Peter, K.V. and Gopalakrishnan, P. (1980) Drumstick (*Moringa oleifera*): a multipurpose Indian vegetable. Economic Botany. 34(3): 276-283.
- Rueda Sánchez, A., Benavides Solorio, J.D., Saenz Reyes, J., Muñoz Flores, H. J., Prieto Ruiz, J.A y Orozco Gutiérrez, G (2014). Calidad de planta producida en los viveros forestales de Nayarit. Revista mexicana de ciencias forestales, 5(22), 58-73.
- R Core Team. (2021). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>.
- Salas Estrada, J.B. (1993) Árboles de Nicaragua. Editorial HISPAMER. Managua, Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, IRENA, 1993. pp194-298.
- Somarriba, E. y Ferreiro, O. (1984). Efecto de tres tratamientos pregerminativos sobre la germinación y viabilidad de las semillas *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb. Turrialba 34 (1): 99-101.1984-sidalc.net
- Suárez, S. y Mendoza, O. (2013). Evaluación del comportamiento de falso roble (*Tabebuia rosea* (Bertol.) D.C), Genízaro (*Phitecellobium saman* (Jacq.) Benth.) y Guanacaste negro (*Enterolobium cyclocarpum* (Jacq.) Griseb.) en ensayo de germinación y sembrados en dos tipos de sustrato orgánico. Managua, Nicaragua.
- Urrutia Rodríguez, J.T. Lanuza, O.R. y Herrera Herrera, A. (2012). Supervivencia y producción de biomasa de *Acacia pennatula* (Schltdl. & Cham.) Benth por efecto de tres alturas de poda. EE.2012. UNAN-FAREM-Estelí, Estación Experimental para el Estudio del Trópico Seco.

- Varela, S.A. y Arana, V. (2010). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Silvicultura en Vivero*, Cuadernillo N° 3: Junio de 2010 ISSN. Argentina.
- Villar, S.P., Puértolas, J., Cuesta, B., Peñuelas, J.L., Uscola, M., Guerrer, NH and Rey, M.B. (2012). Increase in size and nitrogen concentration enhances seedling performance on competitive sites. *New Forest* 13:279-299.
- Viveros, V. H., Hernández, P.J. y Velasco, G. (2015). Análisis de semilla, tratamientos pregerminativos de *Enterolobium cyclocarpum* (Jacq) Griseb. y su crecimiento inicial. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* Vol. 6(30):52-65.
- Viveros, V.H., Quino-Pascual, K., Velasco-García, M.V., Sánchez-Viveros, G y Velasco-Bautista, E. (2017). Variación geográfica de la germinación en *Enterolobium cyclocarpum* en la costa de Oaxaca, México. *BOSQUE* 38(2): 317-326, 2017.
- Zamora S., García J., Bonilla G., Harvey C y Ibrahim M. (2009). Uso de frutos y follaje arbóreo en la alimentación de vacunos en la época seca en Boaco, Nicaragua. CATIE, Turrialba, Costa Rica, *Revista Agroforestería en las Américas*.

Anexo 3.

Actividades	Mayo				Junio				Julio				Agosto			
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4
Elección del tema																
Construcción de Objetivos, justificación, definición del problema																
Redacción de Antecedentes e hipótesis																
Revisión de avances																
Elaboración de matriz de operacionalización de variables																
Diseño metodológico																
Revisión de avances																
Elaboración de hoja de campo																
Primer pre defensa de protocolo																
Revisión de avances																
Revisión de avances																
Revisión de avances																
Revisión de avances																
Revisión de avances																
Entrega y presentación de informe final de protocolo																

Tabla 4. Cronograma de actividades.