

**UNIVERSIDAD PANAMERICANA**

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Licenciatura en Ingeniería Agroforestal y Ambiental



**Diseño e Implementación de un Diseño Agro Silvícola de Árboles de Leucaena  
(*Leucaena Leucocephala*) en Asocio con Maíz (*Zea Mays*) para Suplemento  
Alimenticio de Ganado Bovino en el Municipio de Santa Ana, Petén**

Tesis de Licenciatura

José Luis Contreras Miguel

Guatemala, octubre de 2023

**Diseño e Implementación de un Diseño Agro Silvícola de Árboles de Leucaena  
(*Leucaena Leucocephala*) en Asocio con Maíz (*Zea Mays*) para Suplemento  
Alimenticio de Ganado Bovino en el Municipio de Santa Ana, Petén**

Tesis de Licenciatura

José Luis Contreras Miguel, ID 000030910

Ingeniero Agrónomo Víctor Augusto Yoj Alvarado (**Asesor**)

Licenciada María de los Angeles Martínez Yac de Flores (**Revisora de Forma**)

Guatemala, octubre de 2023

**Autoridades Universidad Panamericana**

**M.Th. Mynor Augusto Herrera Lemus**

Rector

**Dra. HC. Alba Aracely Rodríguez de González**

Vicerrectora Académica

**M.A. César Augusto Custodio Cobar**

Vicerrector Administrativo

**EMBA. Adolfo Noguera Bosque**

Secretario General

**Autoridades de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas**

**Ingeniero César Augusto Cuevas Guerra M. Sc MBA**

Decano

**M.A Mónica Lissette Alcázar Serralde**

Coordinadora

## Carta de Responsabilidad de Derechos de Autor

En la ciudad de Santa Elena, Flores, departamento Petén

a los 03 días del mes de diciembre de 2021

Por medio de la presente YO, **José Luis Contreras Miguel** y en lo sucesivo “LA PERSONA AUTORA” hago constar que soy el único titular intelectual de la obra denominada “**Diseño e Implementación de un Diseño Agro Silvícola de Árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en Asocio con Maíz (*Zea Mays*) para Suplemento Alimenticio de Ganado Bovino en el Municipio de Santa Ana, Petén.**” en lo sucesivo “LA OBRA”, en virtud de lo cual autorizo Universidad Panamericana de Guatemala, “EL ORGANISMO” para que efectuase resguardo físico y/o electrónico mediante copia digital e impresa con la finalidad de garantizar su disponibilidad, divulgación, comunicación pública, distribución, transmisión, reproducción, así como digitalización de esta sin fines de lucro y con el objetivo de divulgarla.

“LA PERSONA AUTORA” autoriza a “EL ORGANISMO” y/o a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas de la mencionada casa de estudios “LA OBRA” de forma exclusiva en los términos y condiciones aquí expresados, sin que ello implique que se le concede licencia o autorización alguna o algún tipo de derecho distinto al mencionado respecto a la “propiedad intelectual” de la misma obra; incluyendo todo tipo de derechos patrimoniales sobre obras y creaciones protegidas por derechos de autor y demás formas de propiedad industrial o intelectual reconocida o que lleguen a reconocer las leyes correspondientes.

Al reutilizar, reproducir, transmitir y/o distribuir “LA OBRA” se debe reconocer y dar crédito de autoría de la obra intelectual en los términos especificados por el autor, y el no hacerlo implica el término de uso de esta licencia para los fines estipulados. Nada en esta licencia menoscaba o restringe los derechos patrimoniales y morales de “LAPERSONA AUTORA”.

De la misma manera, se hace manifiesto que el contenido artístico y/o intelectual de cualquier parte de “LA OBRA” son responsabilidad de “LA PERSONA AUTORA”, por lo que se deslinda a “EL ORGANISMO” por cualquier violación a los derechos de autora o autor, de acuerdo con lo establecido en la Ley Guatemalteca y/o tratados internacionales, así como cualquier responsabilidad relacionada con la misma frente a terceros.



---

**José Luis Contreras Miguel**

Guatemala, 16 de octubre de 2023

Ref. FICA-PF-130/2023

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Campus Central, Guatemala

De acuerdo con el dictamen rendido por el Ingeniero Agrónomo Víctor Augusto Yoj Alvarado, asesor de la tesis denominada **Diseño e Implementación de un Sistema Agro Silvícola "Árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en asocio con Maíz (*Zea Mays*)" para Suplemento Alimenticio de Ganado Bovino en el Municipio de Santa Ana, Petén**, presentado por el estudiante José Luis Contreras Miguel quien se identifica con ID 000030910 y, la aprobación de la Evaluación de Competencias Profesionales (ECP), según consta en el Acta No. 022 - 2023, de fecha 15 de marzo de 2023; por lo tanto, se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN**, previo a conferirle el título de Licenciado en Ingeniería Agroforestal y Ambiental.



*Ing. César Augusto Cuevas Guerra*  
Decano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas



**Ingeniero César Augusto Cuevas Guerra M. Sc., MBA**

**Decano**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas**

Guatemala, 16 de octubre de 2023

Ref. FICA-129/2023

Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas

Campus Central, Guatemala

### CARTA DE ACUSE

Por este medio hago constar que previo a la otorgársele el grado académico de Licenciado en Ingeniería Agroforestal y Ambiental, el estudiante *José Luis Contreras Miguel* quien se identifica con ID *000030910*, ha desarrollado la Tesis denominada *"Diseño e Implementación de un Sistema Agro Silvícola "Árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en asocio con Maíz (Zea Mays)" para Suplemento Alimenticio de Ganado Bovino en el Municipio de Santa Ana, Petén"*.

Aunado a ello, posterior a la lectura del informe de Licenciatura, se hace constar que el trabajo realizado por el estudiante en mención reúne las cualidades necesarias de un trabajo profesional universitario de Licenciatura.

Por tanto,

En calidad de Decano de Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.



*Ing. César Augusto Cuevas Guerra*  
Decano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas



**Ingeniero César Augusto Cuevas Guerra M. Sc., MBA**

**Decano**

**Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas**

**DICTAMEN DEL ASESOR DE TESIS**

**Nombre del estudiante:** Contreras Miguel, José Luis

**Título de la tesis:** Diseño e Implementación de un Sistema Agro Silvícola "Árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en asocio con Maíz (*Zea Mays*)" para Suplemento Alimenticio de Ganado Bovino en el Municipio de Santa Ana, Petén.

**Asesor de la tesis:** Ingeniero Agr. Víctor Augusto Yoj Alvarado

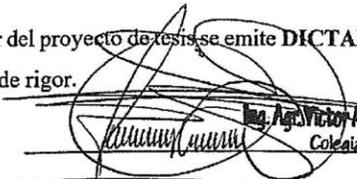
Considerando,

**Primero:** Que previo a la otorgársele el grado académico de Licenciado en Ingeniería Agroforestal y Ambiental, **José Luis Contreras Miguel** quien se identifica con ID **000030910**, ha desarrollado el trabajo de Tesis denominado "**Diseño e Implementación de un Sistema Agro Silvícola "Árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en asocio con Maíz (*Zea Mays*)" para Suplemento Alimenticio de Ganado Bovino en el Municipio de Santa Ana, Petén**".

**Segundo:** Que el profesional Ingeniero Agrónomo Víctor Augusto Yoj Alvarado, ha leído el informe de tesis donde consta que el trabajo de tesis realizado por el estudiante en mención reúne las cualidades necesarias de un trabajo profesional universitario de Licenciatura.

Por tanto,

En su calidad de asesor del proyecto de tesis, se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.

  
Ing. Agr. Víctor Augusto Yoj Alvarado  
Colegiado 2.287

**Ingeniero Agrónomo Víctor Augusto Yoj Alvarado**  
**Asesor de Tesis**

Guatemala, 16 de octubre de 2023

### DICTAMEN DEL REVISOR DE FORMA DE LICENCIATURA

**Nombre del estudiante:** Contreras Miguel, José Luis

**Título de la Tesis:** Diseño e Implementación de un Diseño Agro Silvícola de Árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en Asocio con Maíz (*Zea Mays*) para Suplemento Alimenticio de Ganado Bovino en el Municipio de Santa Ana, Petén

**Revisora de forma de Tesis:** Licda. Ma. de los Angeles Martínez Yac de Flores

#### Considerando,

**Primero:** Que previo a la otorgársele el grado académico de Licenciatura en Ingeniería en Agroforestal y Ambiental, el estudiante **José Luis Contreras Miguel** quien se identifica con ID **000030910**, ha desarrollado el trabajo de Tesis denominado **“Diseño e Implementación de un Diseño Agro Silvícola de Árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en Asocio con Maíz (*Zea Mays*) para Suplemento Alimenticio de Ganado Bovino en el Municipio de Santa Ana, Petén”**.

**Segundo:** Que he leído el trabajo de Tesis, donde consta que el estudiante en mención realizó el proyecto investigativo de egreso atendiendo a un método y técnicas propias de esta modalidad académica.

**Tercer:** Que ha realizado todas las correcciones de redacción y estilo que le fueron planteadas en su oportunidad.

**Cuarto:** Que dicho trabajo reúne las calidades necesarias de un trabajo de licenciatura.

#### Por tanto,

En su calidad de revisora de forma del proyecto de Tesis de licenciatura se emite **DICTAMEN FAVORABLE** para que continúe con los trámites de rigor.



Licda. Ma. de los Angeles Martínez Yac de Flores  
Revisora Metodológica de Licenciatura



## Contenido

Capítulo I.....	4
Marco Contextual.....	4
1.1 Antecedentes del Problema.....	4
1.2 Justificación de la Investigación.....	4
1.3 Planteamiento del Problema.....	5
Capítulo II.....	6
Marco Teórico.....	6
2.1 Descripción Botánica de la <i>Leucaena (Leucaena Leucocephala)</i> .....	6
2.3.1 <i>Plagas y Enfermedades</i> .....	9
2.3.1.1 Método de Control de Plagas y Enfermedades.....	9
2.3.2 <i>Manejo de la Especie Leucaena (Leucaena Leucocephala)</i> .....	9
2.3.3 <i>Producción de Forraje</i> .....	10
2.3.5 <i>Crecimiento y Productividad de Leucaena (Leucaena Leucocephala)</i> .....	10
2.3.5.1 Crecimiento.....	10
2.3.5.2 Forraje.....	11
2.4. Manejo Agronómico de la Especie Agrícola de Maíz ( <i>Zea Mays</i> ).....	11
2.4.2 <i>Siembra</i> .....	11
2.4.3.3 Potasio (K).....	12
2.4.3.4 Otros Elementos.....	13
2.4.4 <i>Plagas y Enfermedades</i> .....	13
2.4.4.1 Gusano Cogollero.....	13
2.4.4.1.1 <i>Manejo Integrado del Gusano Cogollero</i> .....	13
2.4.5 <i>Crecimiento y Productividad de Maíz (Zea Mays)</i> .....	15
2.4.5.1 Productividad.....	15
2.4.5.1 Bancos Forrajeros.....	15
2.5.1 <i>Requerimientos Edafoclimático de Leucaena (Leucaena Leucocephala)</i> .....	16
2.5.1.1 Clima.....	16

2.6.1 Suelos .....	18
<b>Capítulo III</b> .....	21
<b>Marco Metodológico</b> .....	21
<b>3.1 Problemática por Investigar</b> .....	21
3.6.2 <i>Objetivos Específicos</i> .....	25
<b>3.7 Operacionalización de Variables</b> .....	25
3.7.1 <i>Variable Independiente</i> .....	25
<b>3.8 Definición Operativa</b> .....	27
<b>Tabla 1 Definición Operativa</b> .....	27
<i>Definición Operativa</i> .....	27
<b>3.9 Delimitación</b> .....	30
3.9.1 <i>Temporal</i> .....	30
<b>3.10 Universo</b> .....	30
<b>3.11 Muestra</b> .....	31
<b>3.16 Cronograma</b> .....	33
<b>Capítulo IV</b> .....	35
<b>Presentación y Discusión de Resultado</b> .....	35
<b>4.1 Presentación de Resultados</b> .....	35
4.2 Discusión de Resultados .....	41
4.2.1 <i>Diseño e Implementación de un Sistema Agro Silvícola “Árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en Asocio con Maíz (Zea Mays)</i> .....	41
4.2.3 <i>Costos de Implementación del Sistema Agro Silvícola “Árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en Asocio con Maíz (Zea Mays)</i> .....	43
4.4 Recomendaciones .....	45
Lista de Referencias .....	46
Anexos .....	49

## Índice de Figuras

<b>Figura 1</b> Diseño Experimental de la Investigación .....	23
<b>Figura 2</b> <i>Boleta de campo a emplear para la recolección de información de campo</i> .....	32
<b>Figura 3</b> Diseño de sistema agro silvícola “árboles de <i>Leucaena (Leucaena Leucocephala)</i> en asocio con Maíz ( <i>Zea Mays</i> ”, implementado .....	35
<b>Figura 4</b> <i>Implementación de sistema agro silvícola “árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en asocio con Maíz (Zea Mays)”</i> .....	37
<b>Figura 5</b> <i>Evaluación de prendimiento usando rebrotes estaquillas de Leucaena (Leucaena Leucocephala) y medición de diámetro basal</i> .....	38
<b>Figura 6</b> <i>Prendimiento según tratamiento (fuentes de semilla): planta versus estaquilla.</i> .....	39
<b>Figura 7</b> <i>Resultado de correlación entre las variables: Independiente (x) “diámetro basal (cm) de las estacas de Leucaena (Leucaena Leucocephala)” y dependiente (y) “prendimiento medido a los 30 días después del establecimiento del experimento”</i> .....	40
<b>Figura 8</b> <i>Costos de establecimiento y mantenimiento inicial de sistema agro silvícola “árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en asocio con Maíz (Zea Mays)”, según fuente de la semilla “sexual versus asexual</i> .....	41

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Definición Operativa.</i> .....	27
<b>Tabla 2</b> <i>Cronograma de actividades.</i> .....	33
<b>Tabla 3</b> <i>Tabla de distanciamientos y densidades por componente del sistema agro silvícola “asocio de árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) con Maíz (Zea Mays).</i> .....	36

## Resumen

El presente estudio consiste en diseñar e implementar un sistema agro silvícola conformado por el asocio de árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) y Maíz (*Zea Mays*) en el Municipio de Santa Ana del Departamento de Petén, Guatemala. El sistema proyectado tiene como objetivo suplir requerimientos alimenticios al ganado bovino en épocas secas; asimismo, la investigación contemplaba desarrollar un análisis comparativo de prendimiento en porcentaje, treinta (30) días posterior al establecimiento de dos (2) fuentes de semilla: sexual, correspondiente a plántulas y asexual, determinadas por estaquillas; para ello, fueron empleadas seis (6) unidades experimentales, cuarenta (40) posturas por unidad, en dos (2) tratamientos, tres (3) unidades por tratamiento.

El primer tratamiento, denominado T1, está enfocado en un sistema agro silvícola, el cual consiste en árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) con fuente de semilla sexual con asocio de Maíz (*Zea Mays*); y el segundo tratamiento, catalogado como T2, radica en árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) con fuente de semilla asexual en asocio con Maíz (*Zea Mays*); los resultados obtenidos a partir de desarrollar un ANDEVA con intervalo de confianza del noventa y cinco por ciento (95%), indica que no existen diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ), con valores de prendimiento promedio de cuarenta por ciento (40%) para T1 y del veintitrés por ciento (23%) para T2.

Por otro lado, derivado del estudio realizado se obtuvo como resultado la determinación de costos de implementación y mantenimiento inicial para ambos tratamientos; a partir de ello, se deduce que para poder establecer un sistema agro silvícola mediante la configuración del T1 se requerirá de una inversión de veintiún mil trescientos ochenta y un quetzales (Q.21,381.00) por hectárea y para la disposición del T2 se emplearía veintidós mil setecientos catorce quetzales (Q.22,714.00) por hectárea.

**Palabras Clave:** Sistemas Agroforestales, Leucaena, Maíz, Prendimiento.

## Introducción

Los Sistemas Agroforestales – SAF – en Guatemala han cobrado auge durante la última década derivado del enfoque de producción a corto, mediano y largo plazo, así como el impacto positivo que producen en el ambiente. Adicionalmente, los SAF han sido incluidos por el Instituto Nacional de Bosques – INAB –, como parte de los incentivos económicos. La problemática por abordar en la investigación busca dar una propuesta de sistema agro silvícola con el propósito de dar solución al déficit de alimento para ganado bóvido en época de sequía.

A raíz de lo anteriormente expuesto, el diseño de un sistema agro silvícola, con fines proteicos permanentemente, en producción en época lluviosa y seca mediante el componente leñosa *Leucaena Leucocephala* y, con fines energéticos de forma temporal en producción de materia prima para silo a través del elemento agrícola anual de Maíz (*Zea Mays*). El objetivo que se persigue en el proyecto es establecer distanciamiento para la *Leucaena Leucocephala* de un metro (1m) entre plantas por cuatro metros (4m) entre calle, conformando una densidad de dos mil quinientas (2,500) plantas por hectárea; por otro lado, para el caso del Maíz (*Zea Mays*) se dispondrá de cero punto tres metros (0.3m) entre planta y cero punto siete metros (0.7m) entre calle, acomodando una densidad de treinta y cinco mil setecientos catorce (35,714) plantas por hectárea.

El desarrollo de un análisis comparativo de prendimiento en porcentaje entre dos (2) fuentes de semillas del componente *Leucaena Leucocephala*, contiene en T1 semilla sexual versus T2 semilla asexual; la comparación se realiza a través de un Análisis de Varianza, ANDEVA, bajo un nivel de confianza del noventa y cinco por ciento (95%), los resultados arrojan que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre la utilización de semilla sexual o asexual para el establecimiento del componente *Leucaena Leucocephala*.

Aunado a ello, el proyecto consiste en recabar costos para el establecimiento y mantenimiento inicial del sistema agro silvícola, por lo que se emplea para el estudio dos (2) fuentes de semillas para fines comparativos. Los resultados a obtener indican que para

implementar un sistema agro silvícola utilizando semillas sexuales, tales como plántulas, se requiere de veintiún mil trescientos ochenta y un quetzales (Q.21,381.00) por hectárea, incluyendo el gasto económico por establecer Maíz (*Zea Mays*), sin embargo, si se empleará fuentes de semillas asexuales, tales como estaquilla, se estiman veintidós mil setecientos catorce quetzales Q.22,714.00 por hectárea; a raíz de ello, se visualiza un incremento de mil trescientos treinta y tres quetzales (Q.1,333.00) adicionales por hectárea en el método asexual versus sexual; el diferencial corresponde a que utilizando semillas asexuales se necesita mayor trabajo dado que es fundamental realizar un tratamiento pre plantación que consiste en hacerle punta a las estaquillas, sumado al coste de transporte de vivero a finca.

Por último, se dictamina que, con la presente investigación, Universidad Panamericana y el autor realizan un aporte inicial en la generación de información sobre temas agroforestales, principalmente, en el desarrollo de conocimientos en el diseño e implementación de sistemas agro-silvícolas con fines alimenticios de ganado bovino, el cual espera que minimice las pérdidas a causa de la falta de alimento en época seca.

# Capítulo I

## Marco Contextual

### 1.1 Antecedentes del Problema

La problemática para abordar surge a partir del interés de los productores de ganado bovino del Municipio de Santa Ana, Petén, para optimizar la ganancia de peso, principalmente en la época de sequía donde la precipitación alcanza cero milímetros (0 mm) por mes, dando como resultado que los pastos tradicionales, gramíneas, presenten inconvenientes de disponibilidad a causa de la falta del recurso hídrico, por lo que el ganado bovino presenta escaso rendimiento en la ganancia de peso.

Con el propósito de brindar solución a la problemática suscitada, como estudiante de Ingeniería Agroforestal y Ambiental de Universidad Panamericana, se propone desarrollar un trabajo de grado consistente en el diseño e implementación de un sistema agro silvícola “árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en asocio con Maíz (*Zea Mays*), en el Municipio de Santa Ana, Departamento de Petén, con el objetivo de suplir alimento, con un alto grado de proteína, durante la época seca mediante la corta de Leucaena y alimento energético a partir del Maíz.

### 1.2 Justificación de la Investigación

Generalmente, la finca y productores pecuarios cercanos desconocen los sistemas agro-silvícolas, en los cuales se emplean especies de alto valor proteico para suplir las necesidades del ganado y aumentar la producción de carne y leche, éstos, sin lugar a duda, son sumamente eficaces en el uso de la tierra y de buenas prácticas ganaderas, además de mejorar la estructura del suelo y disminuir la erosión. Las especies leguminosas fijan nitrógeno por medio de la raíz y, al mismo tiempo, son fuente de proteína, por lo que, al emplearlas como alimento de bovino, son capaces de mejorar los rendimientos y, por ende, la economía a través de la obtención de mayores ingresos.

### **1.3 Planteamiento del Problema**

La problemática a estudiar, radica inicialmente en el desconocimiento de modelos de sistemas agro silvícolas con fines de banco forrajero para ganados bovino, adaptables al Municipio de Santa Ana, Petén; por lo que, a partir de la falta de propuestas de diseño e implementación de sistemas agro silvícolas, se evalúa la adaptabilidad de las especies y cuantificación de costos de ejecución con el propósito de minimizar, en los pequeños y medianos productores de ganado bovino, pérdidas económicas a causa de la deficiente ganancia de peso dada la falta de alimentos ricos en proteína durante la época seca.

## Capítulo II

### Marco Teórico

#### 2.1 Descripción Botánica de la *Leucaena Leucocephala*

La leucaena es un árbol perenne originario de México. Puede alcanzar alturas entre 3 y 10 metros y presenta raíces pivotantes, existen algunas especies maderables que pueden llegar a medir entre 7 y 20 metros.

En segundo lugar, presenta hojas de color verde oscuro compuestas, sus flores son axilares de color blanco amarillento con forma de cabezuelas compuestas, con vaina casi aplanada que contiene de cuatro a seis semillas color café oscuro.

Finalmente, esta especie realiza autopolinización, además, tiene una alta producción de semilla aplanada, color café y muy dura, durante los primeros 3 meses presenta alto porcentaje de dormancia. (Martínez, 2020)

Por su parte, Amaro (2009), especifica que la especie *Leucaena Leucocephala*, posee las siguientes características:

- Reino: Plantae.
- División: Magnoliophyta.
  - Subdivisión: Magnoliophytina.
- Clase: Magnoliopsida.
  - Subclase: Rosidae.
- Orden: Fabales.

- Familia: Fabaceae.
  - Subfamilia: Mimosoideae.
- Tribu: Mimoseae.
- Género: *Leucaena*.
- Especie: *L. Leucocephala*.

### ***2.1.1 Adaptación***

Autores definen que las plantas de *Leucaena (Leucaena Leucocephala)* pueden ser plantadas en cualquier tipo de suelo dado que son sumamente agradecidas, sin embargo, necesitan que los éstos sean constantemente drenados. Martínez (2020), detalla que estas especies se caracterizan por contener “pH entre 5.7 y 8.0. Con altura entre 0 y 1.600 metros sobre el nivel del mar (msnm). Temperaturas entre 18 y 27°C, presenta una alta demanda de luz. Precipitaciones anuales de 450 y 2.200 milímetros”.

## **2.2 Descripción Botánica del Maíz (*Zea Mays*)**

El Maíz (*Zea Mays*), es un cultivo tradicional que ha cobrado auge a nivel mundial; éste, ha evolucionado genéticamente con el propósito de obtener alto rendimiento y poder ser implementado en diferentes climas. Por otro lado, derivado de lo anteriormente expuesto, es uno de los granos básicos más demandados por la humanidad, dadas las características de adaptabilidad a climas cálidos y por poseer una producción anual, facilita cosechas anuales.

### ***2.2.1 Tallo***

Una de las características fundamentales del Maíz (*Zea Mays*) es el tallo; éstos son altamente erectos con una longitud elevada, pudiendo alcanzar hasta cuatro metros (4m) de altura;

además, se identifica por ser robusto y sin ramificaciones, no obstante, presenta una médula esponjosa al realizar un corte transversal.

### ***2.2.2 Inflorescencia***

Según el sitio web Agricultura. El cultivo del maíz (s.f), establece que:

El maíz es de inflorescencia monoica con inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina presenta una panícula denominadas espigón o penacho, dicho penacho es de coloración amarilla y posee una cantidad elevada de polen. En cada florecilla que compone la panícula se presentan tres estambres donde se desarrolla el polen. En cambio, la inflorescencia femenina marca un menor contenido de granos de polen.

### ***2.2.3 Hojas***

Este elemento se conceptualiza con las siguientes características, según expertos quienes indican "las hojas son largas, de gran tamaño, lanceoladas, alternas, paralelinervias. Se encuentran abrazadas al tallo y por el haz presentan vellosidades. Los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes". (Agricultura. El cultivo del maíz, s.f)

### ***2.2.4 Raíces***

En Agricultura. El cultivo del maíz (s.f), explican "las raíces son fasciculadas y su misión es la de aportar un perfecto anclaje a la planta. En algunos casos sobresalen unos nudos de las raíces a nivel del suelo y suele ocurrir en aquellas raíces secundarias o adventicias".

## **2.3 Manejo Silvicultural de *Leucaena Leucocephala***

### ***2.3.1 Plagas y Enfermedades***

Las plagas, se conceptualizan como organismos animales o vegetales altamente perjudiciales que atacan o destruyen las plantas y/o cultivos. Martínez (2020), posterior de investigaciones y estudios realizados determinó que para la especie *Leucaena Leucocephala*, la plaga más común es la hormiga o zompopos; ante ello argumenta:

La hormiga (zompopos) ataca directamente a las hojas causando defoliación y disminuyendo la cantidad y calidad de forraje. En algunos casos los árboles pueden presentar más del 50% de pérdida de hojas por ataque de dichos cortadores.

Por lo general estas plantas de leucaena son resistentes algunos tipos de enfermedades que en otro tipo de plantas pueden llegar causar daños severos en la producción, “hongos camtomeris” y principalmente la enfermedad que causa pudrición en las vainas “*pseudomona fluorescens*”.

#### **2.3.1.1 Método de Control de Plagas y Enfermedades.**

Los métodos de control de plagas pueden llevarse a cabo mediante el empleo de productos agroquímicos sistémicos y de contacto, siendo los primero más eficientes y los segundos de acción rápida. Es importante mencionar que expertos recomiendan el uso de fungicidas de acción preventiva durante la época lluviosa, dado que, en dicha temporada, derivado de la humedad, existe un alto riesgo de aparición de hongos.

### ***2.3.2 Manejo de la Especie Leucaena (Leucaena Leucocephala)***

El manejo de las especies se caracteriza por todas aquellas prácticas desarrolladas para las plantaciones, desde la siembra hasta la producción, durante el ciclo de vida. Martínez (2020), puntualiza:

Del manejo depende la calidad y cantidad de forraje, y la vida útil de la especie. Un factor importante es conocer en qué edad o etapa está la planta para seguimiento del ciclo rotacional, esto debido a que de esto dependerá la intensidad de corta o ramoneo por los rumiantes.

### ***2.3.3 Producción de Forraje***

Autores explican que la producción de forraje depende, en gran medida, del manejo que se le brinde a la planta y el control que se ejecute en el sistema rotacional o sistema de corte y carreo. Adicionalmente, Martínez (2014) comenta “la planta determina un punto donde se pueden aprovechar hojas y tallos siempre y cuando los tallos no pasen a un estado leñoso grueso, porque se dificulta al animal al comerlo, o la máquina picadora”.

### ***2.3.4 Fertilización***

Martínez (2020) explica “la fertilización puede ser al inicio ya que esta planta es leguminosa y aporta nitrógeno al suelo por medio de la raíz, los elementos de nutrición son P2O5: 57 kilos, K2O: 24 kilos, MgO: 33 kilos, SO4: 59 kilos/ha”.

### ***2.3.5 Crecimiento y Productividad de Leucaena (Leucaena Leucocephala)***

#### **2.3.5.1 Crecimiento.**

Por lo general, la planta de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) posee un alto potencial de producción de semillas, así como facilidad para desminarse. Expertos puntualizan que el crecimiento de la planta en vivero oscila aproximadamente entre tres (3) a cuatro (4) meses y, posteriormente, puede ser trasplantada a un campo definitivo. Aunado a ello, es importante resaltar que el primer corte puede llevarse a cabo un año (1â) posterior al establecimiento; sin embargo, si la siembra es mediante estaca o brotón, el primer ramoneo se podrá efectuar seis (6) meses después, dependiendo del desarrollo que esgrima.

### **2.3.5.2 Forraje.**

La planta de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*), como forraje, ha sido una de las alternativas más eficaces para la producción de leche y carne en ganado bovino, dado el alto contenido de proteína y buen paladar; a raíz de ello, ha cobrado auge como suplemento proteico para rumiantes derivado que contiene niveles de proteína entre el veinte por ciento (20%) al veinticinco por ciento (25%). Gonzáles (2018) comenta “se han reportado producciones de 50 toneladas por hectárea aproximadamente con densidades de plantación de 66,600 árboles por hectárea”.

## **2.4. Manejo Agronómico de la Especie Agrícola de Maíz (*Zea Mays*)**

### ***2.4.1 Preparación del Terreno***

El terreno para la especie agrícola de Maíz (*Zea Mays*) puede ser preparado con uno o dos meses previos a la siembra a través de un tractor agrícola o arado para descompactar el suelo; es importante hacer mención que el arado promueve que el maíz penetre, sin inconveniente, el sistema radicular en el suelo, además, promueve la retención de agua, con el objetivo de evitar la escorrentía de producto de la compactación.

### ***2.4.2 Siembra***

La siembra del Maíz (*Zea Mays*), se debe de llevar a cabo considerando una profundidad de cinco a seis centímetros (5cm – 6cm); el método para ejecutar el sembrado puede ser mediante máquina agrícola, comúnmente conocida como sembradora, o de forma manual empleando la herramienta chuzo. Por otro lado, se deben de resaltar los distanciamientos, los cuales dependerán de la variedad y el uso se le dará al cultivo, por ejemplo, para la producción de silo se emplearán distanciamientos de ochenta centímetros (80cm) entre calle y veinte centímetros (20cm) entre planta y, dos granos por postura; mientras que para la producción de grano se utilizarán ochenta

centímetros (80cm) entre calle y cuarenta centímetros (40cm) entre planta y, dos granos por postura.

### **2.4.3 Fertilización**

Según el sitio web Agricultura, El cultivo del maíz (s.f) se indica que existen elementos como nitrógeno, fósforo, potasio, entre otros.

**2.4.3.1 Nitrógeno (N).** Nitrógeno (N): los síntomas de este elemento son fáciles de captar, para su posterior corrección, los principales síntomas son tonalidades amarillentas presenten en todo el follaje, mismas que afecta formación del olote y grano. La cantidad de nitrógeno a aplicar dependerá de la producción que se deseen alcanzar, así como del tipo de textura del suelo, se recomienda aplicar entre 20 a 30 Kg de N por ha.

**2.4.3.2 Fósforo (P).** Es un elemento esencial en la formación de raíces que le permite a la planta anclarse para poder alcanzar los nutrientes y agua que están disponibles en el suelo, también cumple con otras funciones fisiológicas en la planta, ya que su deficiencia puede causar efectos negativos en el crecimiento. La cantidad por incorporar dependerá del análisis de suelo.

#### **2.4.3.3 Potasio (K).**

Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas, de 135-160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta frágil ante el ataque de insectos u enfermedades.

#### **2.4.3.4 Otros Elementos.**

También los elementos menores son muy importantes en fisiología del maíz, tales como boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), Molibdeno (Mo) y cinc (Zn). Son nutrientes que pueden aparecer en forma deficiente o en exceso en la planta.

#### **2.4.4 Plagas y Enfermedades**

Dentro de las principales plagas y enfermedades que atacan y perjudican a la especie agrícola Maíz (*Zea Mays*) se enlistan los a continuación, descritos.

##### **2.4.4.1 Gusano Cogollero.**

Éstos, son gusanos que causan daños sumamente visibles al ojo humano, principalmente en los cogollos de la planta; generalmente, cuando el cultivo es atacado en el estado de crecimiento vegetativo puede presentar disminución de rendimiento y afectar la fotosíntesis; mientras que, si es agredido en el estadio de formación del fruto, las secuelas se derivan al grano y perforar la tuza, permitiendo así filtraciones o pérdida total del elote.

##### **2.4.4.1.1 Manejo Integrado del Gusano Cogollero.**

Tal como explica la Asociación ANDES (s.f):

En la preparación del suelo es importante utilizar implementos pesados que penetren bien el suelo, esto para poder eliminar pupas, así mismo, se recomienda la implementación de trampas de color amarillo y trampas con luz. Cuando la presencia de las plagas es inminente, es necesario hacer control químico con insecticidas sistémicos y translaminar; como alternativa también es factible emplear el control biológico a través de *Bacillus thuringiensis*.

#### **2.4.4.2 Roya Común.**

Ésta, se desarrolla por exceso de humedad, ocasionado daños directamente a la hoja y reduciendo la fotosíntesis de la planta. La Asociación ANDRES (s.f) explica “en los estadios iniciales de la infección tanto en el haz como envés de las hojas, la epidermis se rompe liberando un polvillo de color marrón oscuro, tornándose negra, la lesión puede provocar clorosis y muerte del tejido foliar”.

##### ***2.4.4.2.1 Control de la Roya Común.***

Éste, se realiza mediante plaguicidas empleando fungicidas curativos, además de la rotación de los cultivos en determinada área, con el enfoque de disminuir la enfermedad.

#### **2.4.4.3 Mancha de Asfalto.**

El autor Dardón (2010) expone “transcurridas las primeras dos o tres semanas de la aparición de los primeros puntos negros, las áreas de tejido muerto cubren toda la hoja, la infección progresa rápidamente y se desimanando por toda la planta causando daños severos”.

##### ***2.4.4.3.1 Control de la Mancha de Asfalto.***

Dardón (2010) explica para controlar la mancha de asfalto puede emplearse dos alternativas:

Control cultural: Principalmente el enfoque que se le debe de dar para controlar esta enfermedad es la destrucción de los rastrojos ya sea para alimento del ganado o cualquier otro uso, se debe utilizar bajas dosis de nitrógeno para no exceder la humedad.

Control químico: Para el control de esta enfermedad que es causada por un hongo existen varias opciones de plaguicidas, es importante tomar en cuenta seguir una guía rotacional de los ingredientes activos (azoxistrobin, carbendazim y tebuconazole) para no crear resistencia ya que de esta manera se disminuyen los riesgos que a largo plazo los daños sean severos.

## ***2.4.5 Crecimiento y Productividad de Maíz (Zea Mays)***

### **2.4.5.1 Productividad.**

El maíz (*Zea Mays*), es un suplemento de suma importancia a nivel mundial, a partir de éste, es factible obtener diversidad de granos básicos, así como producir forraje para el ganado bovino. La productividad del maíz (*Zea Mays*), depende de múltiples factores como, por ejemplo: clima, preparación del área (suelo), tipo de híbrido que se emplee, control fitosanitario, tiempo de siembra, entre otros. Intagri (2019) comenta “la siembra se recomienda hacer cuando la temperatura y humedad lo permitan, para que la emergencia de estigmas y liberación del polen coincidan con las condiciones adecuadas de luz, temperatura y humedad posterior”.

### **2.4.5.1 Bancos Forrajeros.**

Según explica Ganadero (2017):

Los bancos forrajeros son sistemas de producción de alimentos proteicos y energéticos destinados para la alimentación de ganado bovino, los cuales se pueden diseñar de acuerdo con la necesidad del productor (requerimientos de la dieta de rumiantes) y los requerimientos edafoclimáticos de las especies seleccionadas. La implementación de bancos forrajeros favorece la producción de carne y leche en el ganado bovino, promoviendo la disponibilidad de alimento durante la época seca

La implementación de bancos forrajeros favorece la disponibilidad de alimento en cantidad y calidad, y por lo tanto a aumentar el número de animales por unidad de superficie, logrando con esto aumentar la rentabilidad del negocio

Existen muchas técnicas de producción de Sistemas Agroforestales -SAF-, estos pueden enfocarse a la producción de energía o de proteína, cada uno recibe su nombre según el asocio de las especies forrajeras, agrícola, pastos y animales. Los principales SAF implementados con el fin de producción de forraje son: sistemas silvopastoriles y sistemas agrosilvopastoriles.

## **2.5 Requerimientos Edafoclimáticos de las Especies Forestales y Agrícolas**

### **2.5.1 Requerimientos Edafoclimático de *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*)**

#### **2.5.1.1 Clima.**

La *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*), es una planta capaz de tolerar temperaturas de veinticuatro a treinta y dos grados Celsius (24° a 32°C), obteniendo un mejor desarrollo en temperaturas de veinticinco a treinta grados Celsius (25° a 30°C). Parrotta (2006), explica “a pesar de que la *Leucaena* puede sobrevivir las heladas ligeras de corta duración, el crecimiento se ve severamente restringido a temperaturas bajas”.

#### **2.5.1.2 Suelos.**

Parrotta (2006) argumenta:

La *Leucaena* tolera una gran variedad de condiciones de suelo, desde suelos pedregosos y esqueléticos hasta arcillas densas; el mejor crecimiento ocurre en suelos bien drenados que son moderadamente alcalinos (pH de 7.5) hasta ligeramente ácidos.

La planta puede presentar deficiencias de crecimiento en áreas compactadas, los suelos que no presentan un buen drenaje también es un factor que disminuye el desarrollo, las áreas que presentan elementos como el fósforo son los suelos óptimos ya que estimulan el desarrollo del sistema radicular, pero este elemento puede hacer asimilable dependiendo del estudio de suelo y las condiciones que presente.

#### **2.5.1.3 Topografía.**

Dada la tipología de la *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*), ésta es considerada de tierras bajas, por lo que, por lo general no crece por encima de los quinientos metros (500m) entre

latitudes de diez a veinticinco grados (10° a 25°) o por arriba de los mil metros (1000m) entre los diez grados (10°) de latitud. Aunado a ello, Parrotta (2006) argumenta, “sin embargo, la especie ciertamente ocurre en rodales naturales en el oeste de México a elevaciones de más de 1,500 m. En Puerto Rico, la *Leucaena* crece por lo común en laderas, cerros y terraplenes a elevaciones bajas y medianas”.

## **2.5.2 Requerimientos Edafoclimáticas del Maíz (*Zea Mays*)**

**2.5.2.1 Clima.** Fuentes (2002) comenta que “dependiendo de la ubicación de la zona, esta manifestará diferente comportamiento relacionado a la temperatura ambiental. En Guatemala. La zona del trópico bajo presenta temperaturas promedio de 25°C y que pueden manifestarse extremos de 35-40°C, depende del periodo”.

**2.5.2.2 Suelo.** Generalmente, el cultivo de Maíz (*Zea Mays*) tiene la capacidad de ser implementado en cualquier tipo de suelo, dado que algunas variables poseen características de adaptabilidad en pH entre seis (6) y siete (7). Aunado a ello, Fuentes (2002) explica:

El maíz puede presentar dificultad de desarrollo en los suelos que son directamente arcillosos o arenosos, ya que cualquiera de estos en las condiciones mencionadas, son susceptibles a inundarse y por la otra parte a secarse definitivamente.

Normalmente no es exigente a suelos específicos, Sin embargo, las mejores condiciones se pueden encontrar en suelos que presenten buenas condiciones tales como textura media francos, fértiles, bien drenados, profundos y con elevada capacidad de retención del agua.

**2.5.2.3 Pluviometría.** La especie agrícola Maíz (*Zea Mays*), posee como factor fundamental para su cultivo el recurso hídrico, por lo que es altamente recomendable que la siembra se lleve a cabo principalmente en la época de lluvia para no afectar la etapa de crecimiento.

Agricultura. El cultivo del maíz (s.f), puntualiza “las cantidades de agua pueden variar según el crecimiento del cultivo y la etapa en la que se encuentre vegetativa o productiva”.

## **2.6 Características del Municipio de Santa Ana**

### **2.6.1 Suelos**

Luna (s.f) puntualiza:

Toda el área de Santa Ana corresponde a la división fisiográfica de tierras bajas de Petén, Caribe; el suelo fue formado por rocas sedimentarias, calizas meteorizadas que corresponden al periodo Cretácico superior.

Posiblemente al retirarse al mar quedaron a las descubiertas grandes extensiones de roca caliza, la cual fue meteorizándose y poblándose de vegetales inferiores, hasta conseguir formar por muchos otros factores toda una sucesión vegetal.

En las sábanas los suelos son ácidos, cosa aparentemente contradictoria por la naturaleza del material parental, pero, como estos suelos tienen un grado avanzado de desarrollo, no se espera que estén presentes las características de su progenitor.

### **2.6.2 Clima**

Usualmente, el clima del Municipio de Santa Ana se caracteriza por ser cálido, presentando inviernos benignos y húmedos, sin estación seca definida. La temperatura promedio anual máxima oscila entre veintinueve punto tres grados Celsius (29.3° C) y mínima de veintiún punto seis grados Celsius (21.6° C). Luna (s.f) explica “la temperatura promedio máxima absoluta es de 36° C y la

mínima de 15° C. El promedio anual de lluvia es de 2,006.1 mm, con un total de 142 días lluviosos, humedad relativa de 84%”.

## **2.7 Requerimientos Nutricionales del Ganado Bovino**

### ***2.7.1 Proteína***

La dieta alimenticia de los bovinos es sumamente importante derivado que ésta cumple funciones metabólicas necesarias para el ganado. Catrileo (s.f) enfatiza que “las proteínas contienen nitrógeno, la unidad básica de formación de las proteínas son los aminoácidos. En las plantas, la mayor parte de las proteínas se concentran en los órganos reproductores y en las partes en crecimiento”. Por otro lado, autores puntualizan que los animales rumiantes llevan a cabo, en el organismo, actividad biológica donde surge la eliminación de nitrógeno mediante heces fecales y orina, dando como resultado deficiencia de nutrimentos, por lo que es fundamental suministrar a los bovinos alimento rico en nitrógeno.

### ***2.7.2 Energía***

Catrileo (s.f) comenta, “desde el punto de vista energético el requerimiento de mantención de los animales debe cubrir los procesos digestivos y los desgastes por actividad y producción, pérdidas fecales y urinarias. El consumo de energía servirá para los procesos de producción”.

### ***2.7.3 Minerales***

Los minerales, se catalogan en el tercer grupo de nutrientes fundamentales para la producción animal; éstos son sumamente importantes dado que permiten la transformación de alimentos en componentes del organismo o en productos como carne y leche; es por ello por lo que deben de ser suministrados en los bovinos para el adecuado equilibrio y así, poder llevar a cabo procesos básicos en la sangres y tejidos.

#### **2.7.4 Agua**

El recurso hídrico es un elemento fundamental que debe de ser suministrado en todas las etapas de producción de los bovinos; el agua se encuentra conformada por elementos como hidrógeno y oxígeno, por lo que cumplen funciones vitales en los animales rumiantes.

### **2.8 Costos de Implementación de Sistemas Agro Silvícolas**

El costo económico que conlleva implementar sistemas agro silvícolas dependerá del tamaño del área y cantidad de recurso humano, tecnológicos e insumos a emplear. Vargas (2019), puntualiza “el costo de implementar un sistema agro silvícola “asocio de árboles de alto valor de proteína (Leucaena) con el cultivo agrícola maíz utilizando un sistema de corte es igual a 9,300 quetzales por hectárea”.

## Capítulo III

### Marco Metodológico

#### 3.1 Problemática por Investigar

La problemática por abordar surge a partir del interés de los productores de ganado bovino del Municipio de Santa Ana, Departamento de Petén, en optimizar la ganancia de peso, principalmente en época seca, en temporadas donde la precipitación alcanza los cero milímetros (0mm) por mes, dando como consecuencia que los pastos tradicionales, comúnmente llamadas gramíneas, presenten problemas de disponibilidad a causa de la falta de agua y, como resultado, el ganado bovino exhiba escaso rendimiento de ganancia de peso.

A raíz de lo anteriormente expuesto y con el propósito de solventar la problemática suscitada, como estudiante de la carrera de Ingeniería Agroforestal y Ambiental de Universidad Panamericana, se abordará en el trabajo de grado el proyecto titulado “Diseño e Implementación de un Sistema Agro Silvícola “Árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en Asocio con Maíz (*Zea Mays*)” en el Municipio de Santa Ana, Petén”, a partir de ésta se pretende suplir alimento con alto valor proteico durante la época seca mediante el ramoneo de la especie Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) y alimento energético a través del silo de Maíz (*Zea Mays*).

#### 3.2 Enfoque de Investigación

El enfoque de investigación será cuantitativo, para ello, se basará en la recolección de datos del crecimiento de árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*), el cual es continuo.

#### 3.3. Alcance de la Investigación

El proyecto por desarrollar será ejecutado en el Municipio de Santa Ana del Departamento de Petén en una finca privada dedicada a la producción de ganado bovino. El estudio contemplará ser implementado en dos meses y medio, comprendiendo los meses de agosto a octubre de 2,021. Para ello, el área a emplear será una parcela demostrativa de dos mil quinientos metros cuadrados (2,500 m<sup>2</sup>), es decir, cero punto veinticinco hectárea 0.25ha).

La investigación será de tipo experimental, por lo que se establecerán dos (2) tratamientos con tres (3) repeticiones cada una, a continuación, se presenta el diseño a ejecutarse.

**Figura 1**

*Diseño Experimental de la Investigación*

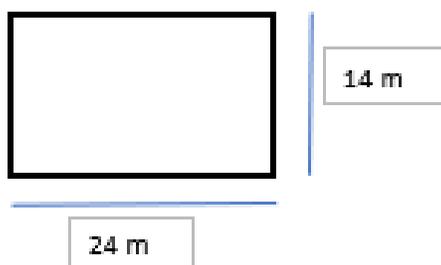
**Evaluación del prendimiento y crecimiento inicial de Leucaena bajo dos orígenes del material vegetativo (Estaquillas versus Plántulas)**



**Tratamiento**

- 1 Origen del material vegetativo "Plántula"
- 2 Origen del material vegetativo "Estaquillas"

**Diseño de unidad experimental**



**3.4 Justificación de la Investigación**

Los productores pecuarios cercanos a la finca de estudio desconocen los sistemas agro-silvícolas con especies de alto valor proteico, las cuales son capaces de suplir las necesidades de proteína y energía del ganado bovino y aumentar la producción de carne y leche. Es importante

menciona que estos métodos son altamente eficaces en el uso de la tierra y buenas prácticas ganaderas dado que mejoran la estructura del suelo y disminuyen la erosión.

A raíz de lo anteriormente expuesto, se considera que los sistemas agro-silvícolas son de gran importancia en la ganadería y, por lo tanto, surge la necesidad de implementarlos para evaluar la adaptabilidad y beneficios que conllevan para los productores pecuarios del área, con el fin de expandir la práctica a la región como una alternativa al uso de pastos tradicionales.

### **3.5 Preguntas de Investigación**

Para el desarrollo del proyecto de investigación se plantean las siguientes preguntas:

- ¿Es factible implementar un sistema agro silvícola de “asocio de árboles de *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*) con Maíz (*Zea Mays*)” en el Municipio de Santa Ana, Petén?
- ¿El prendimiento de *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*) en sistemas agro-silvícolas es indiferente a la fuente de la semilla, sea ésta sexual o asexual?
- ¿Los costos de establecimiento de sistemas agro-silvícolas de *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*) con Maíz (*Zea Mays*) son los mismos, independientemente de la fuente de semilla de *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*), sexual o asexual?

## **3.6 Objetivos**

### ***3.6.1 Objetivo General***

Diseñar e implementar un sistema agro silvícola de “árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en asocio con Maíz (*Zea Mays*)”, como alternativa de alimentación para ganado bovino en el Municipio de Santa Ana, Departamento de Petén.

### ***3.6.2 Objetivos Específicos***

- Diseñar e implementar un sistema agro silvícola capaz de suplir los requerimientos nutricionales del ganado bovino durante la época seca y lluviosa.
- Evaluar el prendimiento y crecimiento inicial de dos (2) fuentes de semilla de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*), asexual mediante estanquillas y sexual a través de plántulas desarrolladas previamente en vivero.
- Determinar los costos económicos de implementación y mantenimiento que conlleva el sistema agro silvícola.

## **3.7 Operacionalización de Variables**

### ***3.7.1 Variable Independiente***

La falta de propuestas de diseño e implementación de sistemas agro silvícola, con el fin de evaluar la adaptabilidad de las especies Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) y Maíz (*Zea Mays*) y cuantificación económica de establecimiento, conllevó a plantear las siguientes variables independientes:

- Adaptabilidad de la especie forestal propuesta para el sistema agroforestal (SAF).
- Costos de implementación de sistema agroforestal (SAF).

### ***3.7.2 Variable Dependiente***

La variable dependiente principal que evaluar se vincula con las pérdidas económicas para los pequeños y medianos productores de ganado bovino del Municipio de Santa Ana, Departamento de Petén, a causa de la escasa o nula ganancia de peso del ganado derivado de la falta de alimentos en época seca. A raíz de ello, se prevé analizar mediante el peso del ganado bovino si la alimentación basada en un sistema agro silvícola es mejor a la nutrición tradicional, pasto disponible.

### 3.8 Definición Operativa

**Tabla 1**

*Definición Operativa.*

<b>Problema de Investigación</b>	<b>VARIABLES de Investigación</b>	<b>Variable Dependiente</b>	<b>Variable Independiente</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Sujetos de Investigación</b>	<b>Preguntas de Investigación</b>
La problemática por abordar surge a partir del interés de los	Pérdidas económicas para los	Pérdidas económicas para los	Adaptabilidad de la especie forestal	Diseñar e implementar un sistema	Diseñar e implementar un sistema agro	Productores de ganado bovino	¿Es factible implementar un sistema agro silvícola de

<p>productores de ganado bovino del Municipio de Santa Ana, Departamento de Petén, en optimizar la ganancia de peso, principalmente en época seca, en temporadas donde la precipitación alcanza los cero milímetros (0mm) por mes, dando como consecuencia que los pastos tradicionales, comúnmente llamadas gramíneas, presenten problemas de disponibilidad a causa de la falta de agua y, como resultado, el</p>	<p>pequeños y medianos productores de ganado bovino del municipio de Santa Ana, Petén</p> <p>Adaptabilidad de la especie forestal propuesta para el SAF.</p> <p>Costos de implementar el SAF</p>	<p>pequeños y medianos productores de ganado bovino del municipio de Santa Ana, Petén</p>	<p>propuesta para el SAF</p> <p>Costos de implementar el SAF</p>	<p>agro silvícola de “árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala ) en asocio con Maíz (Zea Mays)”, como alternativa de alimentación para ganado bovino en el Municipio de Santa Ana, Departament o de Petén</p>	<p>silvícola capaz de suplir los requerimientos nutricionales del ganado bovino durante la época seca y lluviosa.</p> <p>Evaluar el prendimiento y crecimiento inicial de dos (2) fuentes de semilla de Leucaena (Leucaena Leucocephala), asexual mediante estaquillas y sexual a través de plántulas desarrolladas previamente en vivero.</p>	<p>Componentes del sistema agro silvícola</p>	<p>“asocio de árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) con Maíz (Zea Mays)” en el Municipio de Santa Ana, Petén?</p> <p>¿El prendimiento de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en sistemas agro-silvícolas es indiferente a la fuente de la semilla, sea ésta sexual o asexual?</p> <p>¿Los costos de establecimiento de sistemas agro-silvícolas de Leucaena (Leucaena Leucocephala) con Maíz (Zea Mays) son los mismos,</p>
---	--	---	--	---	--	---	--

<p>ganado bovino exhiba escaso rendimiento de ganancia de peso</p>					<p>Determinar los costos económicos de implementación y mantenimiento que conlleva el sistema agro silvícola</p>		<p>independientemente de la fuente de semilla de Leucaena (Leucaena Leucocephala), sexual o asexual?</p>
--	--	--	--	--	--	--	--

## **3.9 Delimitación**

### ***3.9.1 Temporal***

El estudio por desarrollar, implementación de sistema agro silvícola y recolección de resultados, está contemplado para ser llevado a cabo en cuatro (4) meses del año 2,021. Para ello, el proyecto iniciará en el mes de agosto con la fase de planificación experimental; seguidamente, en septiembre se realizará la implementación en el terreno de la finca, para que, en el mes de octubre, se lleve a cabo la captura de variables trazadas; culminando en noviembre con el desarrollo de informe que contendrá los resultados finales.

### ***3.9.2 Espacial***

La investigación será desarrollada en la finca privada “GANORSA”, la cual está ubicada a un kilómetro de la cabecera de Santa Ana; en la calle que conduce al Municipio de San Francisco a Santa Ana en el Departamento de Petén, Guatemala.

## **3.10 Universo**

El universo de interés del proyecto serán dos mil dieciséis metros cuadrados (2,016m<sup>2</sup>), los cuales serán empleados para el establecimiento del experimento; asimismo, se utilizarán quinientas cuatro (504) planta *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*) y nueve mil seiscientas (9,600) plantas de Maíz (*Zea Mays*).

### **3.11 Muestra**

La presente investigación no utilizará muestreo dado que la misma será experimental, por lo que se empleará el total de la superficie definida para el estudio, dos mil dieciséis metros cuadrados (2,016m<sup>2</sup>).

### **3.12 Sujetos de Investigación**

Los sujetos de investigación para el proyecto estarán conformados por las plantas de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) y Maíz (*Zea Mays*) que se encontrarán en las seis (6) unidades experimentales consistentes en parcelas de veinticuatro metros por catorce metros (24m x 14m); tendiendo cada parcela ochenta y cuatro (84) plantas de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) y mil seiscientas (1,600) plantas de Maíz (*Zea Mays*). Ver figura 1.

### **3.13 Técnicas de Análisis de Datos**

Las técnicas de análisis a emplear serán:

- Análisis de varianza (ANDEVA) para determinar si existen diferencias significativas entre tratamientos, bajo un nivel de confianza del noventa y cinco por ciento (95%).
- Prueba múltiple de medias empleando el estadístico “Turkey” para determinar el mejor tratamiento.

### **3.14 Instrumentos**

El instrumento por emplear será la Boleta de Captura de Información, en ésta se agruparán las variables definidas a medir, a continuación, se presenta el diseño que tendrá ésta.

## Figura 2

*Boleta de campo a emplear para la recolección de información de campo.*

 <b>Boleta para captura de información</b> Evaluación de prendimiento y crecimiento inicial en un Sistema Agro Silvícola “Árboles de Leucaena ( <i>Leucaena leucocephala</i> ) en asocio con Maíz ( <i>Zea mays</i> )						
Fecha de medición:		Responsable:				
Tratamiento	Repetición	Planta / Estaquilla #	Diámetro Basal (cm)	Altura Total (m)	Estatus *	Observaciones

### 3.15 Factibilidad y Viabilidad

El proyecto de investigación se conceptualizará factible y viable considerando que se posee con la inversión económica para desarrollar el estudio, ésta contempla la preparación del terreno en limpieza, fumigación y mecanización en una superficie de dos mil quinientos metros cuadrados (2,500m<sup>2</sup>); compra de plantas forestales y semillas de maíz (*Zea Mays*); pago de jornales para el establecimiento y mantenimiento del proyecto; pago del tiempo del estudiante investigador y del productor y; gastos de papelería.

La proyección financiera de inversión asciende a seis mil quetzales (Q.6,000.00), la cual será sufragada por el productor interesado y el estudiante investigador de Universidad Panamericana; asimismo, se cuenta con el visto bueno del productor y propietario de la finca “GANORSA”.

### 3.16 Cronograma

La siguiente tabla muestra las actividades a ejecutar para el desarrollo del proyecto de investigación, contemplando los meses de agosto a noviembre de 2,021.

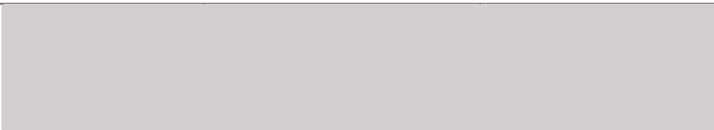
**Tabla 2**

*Cronograma de actividades.*

Actividad	Mes			
	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Preparación de plan de trabajo				
Preparación de sitio y trazo del banco forrajero				
Planificación y diseño del banco forrajero a implementar				
Establecimiento de la plantación de <i>Leucaena</i> ( <i>Leucaena Leucocephala</i> ) y siembra del Maíz ( <i>Zea Mays</i> )				
Control de maleza y fertilización del banco forrajero				

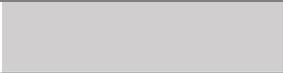
---

Preparación de informe de resultados de la  
investigación propuesta



---

Presentación de informe final y entrega



## Capítulo IV

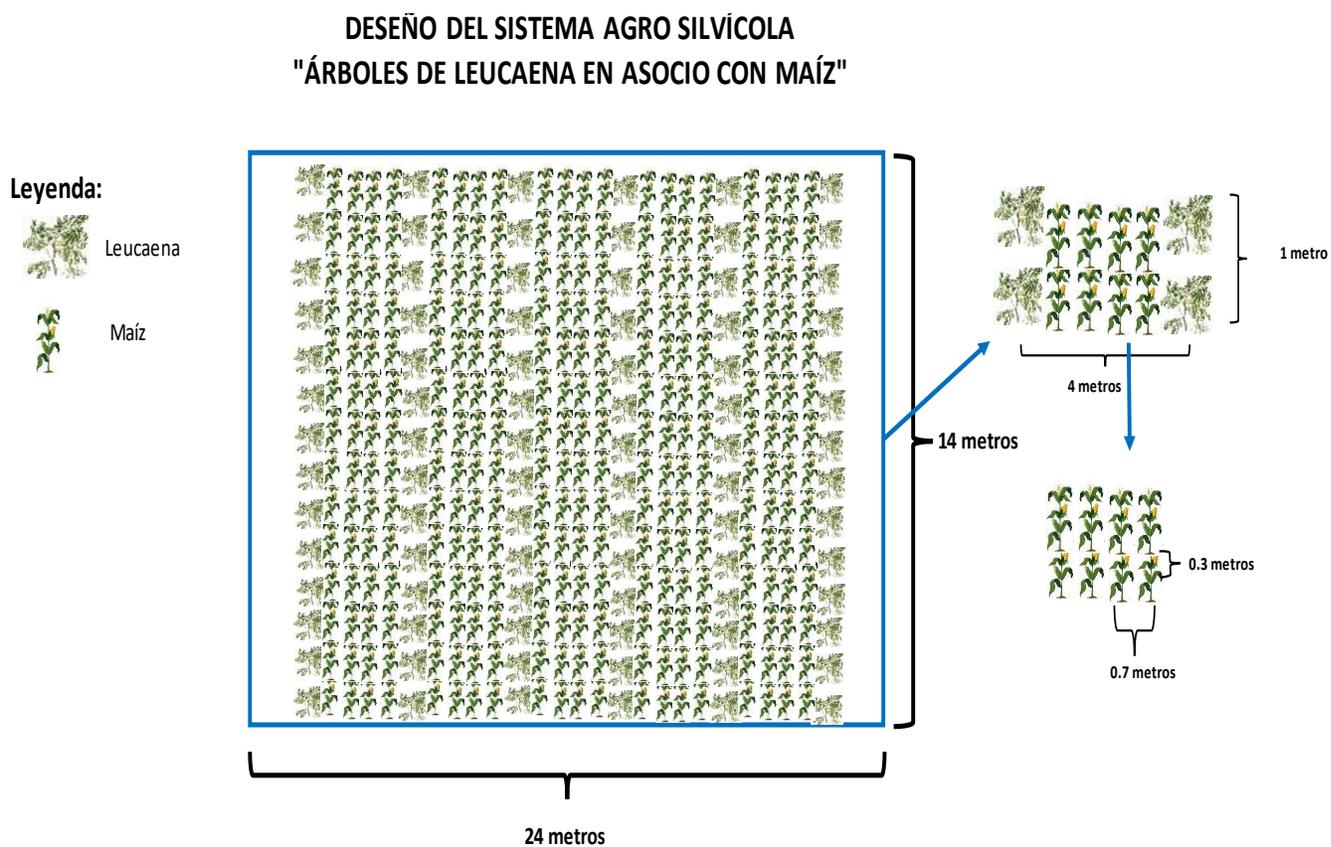
### Presentación y Discusión de Resultado

#### 4.1 Presentación de Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el proyecto de investigación desarrollada.

**Figura 3**

*Diseño de sistema agro silvícola “árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en asocio con Maíz (Zea Mays”, implementado.*



**Tabla 3**

*Tabla de distanciamientos y densidades por componente del sistema agro silvícola “asocio de árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) con Maíz (Zea Mays).*

<b>Componente</b>	<b>Especie</b>	<b>Distanciamiento (m)</b>	<b>Densidad (plantas / hectárea)</b>
<b>Forestal</b>	Leucaena	1 * 4	2,500
<b>Agrícola anual</b>	Maíz	0.3*0.7	35,714

*Nota:* La tabla muestra la especie de Maíz (*Zea Mays*) será implementado en el setenta y cinco por ciento (75%) del área que abarca siete mil quinientos metros cuadrados por hectárea (7,500m<sup>2</sup>/ha)

*Nota:* el maíz se implementará en el 75% del área (7,500 m<sup>2</sup> / ha)

**Figura 4**

**Implementación de sistema agro silvícola “árboles de *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*) en asocio con Maíz (*Zea Mays*)”.**



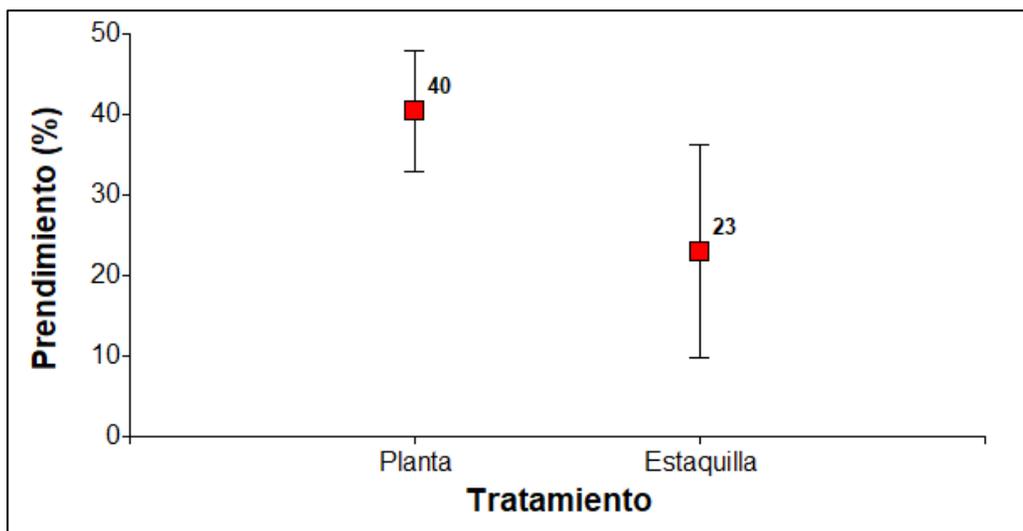
**Figura 5**

*Evaluación de prendimiento usando rebrotes estaquillas de Leucaena (Leucaena Leucocephala) y medición de diámetro basal.*



**Figura 6**

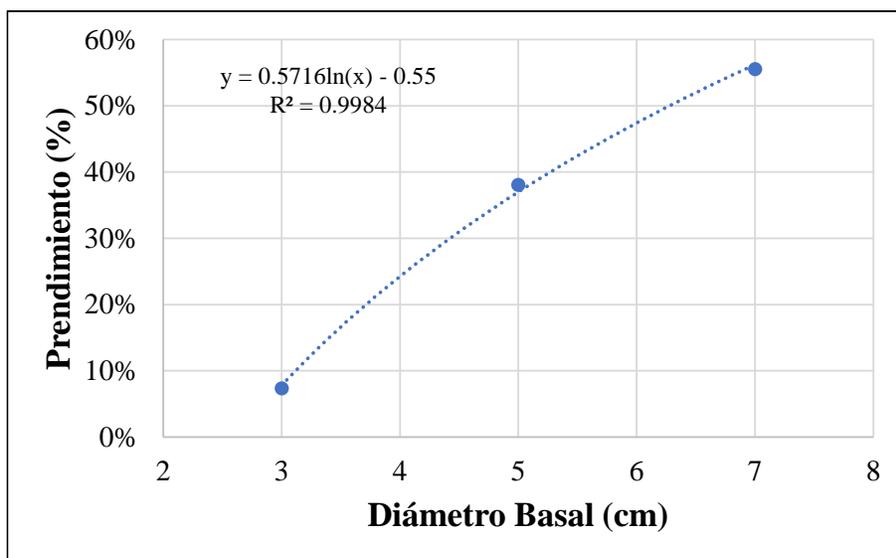
*Prendimiento según tratamiento (fuentes de semilla): planta versus estaquilla.*



*Nota.* Según ANDEVA, desarrollado en el software Infostat, no se encontraron diferencias significativas entre los tratamiento ( $p > 0.05$ ) con un nivel de confianza del noventa y cinco por ciento (95%).

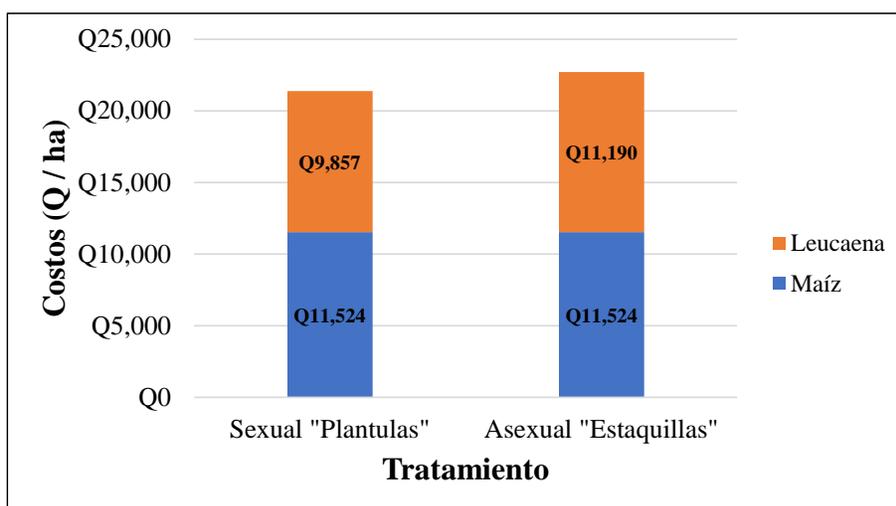
**Figura 7**

*Resultado de correlación entre las variables: Independiente (x) “diámetro basal (cm) de las estacas de Leucaena (Leucaena Leucocephala)” y dependiente (y) “prendimiento medido a los 30 días después del establecimiento del experimento”.*



**Figura 8**

*Costos de establecimiento y mantenimiento inicial de sistema agro silvícola “árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en asocio con Maíz (Zea Mays)”, según fuente de la semilla “sexual versus asexual”.*



## 4.2 Discusión de Resultados

La fase de análisis de resultados se desglosa en tres (3) apartados, cada uno enfocado en dar respuesta a los objetivos específicos planteados.

### ***4.2.1 Diseño e Implementación de un Sistema Agro Silvícola “Árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en Asocio con Maíz (Zea Mays)***

El diseño del sistema agro silvícola implementado fue principalmente basado en el estudio desarrollado por el autor Vargas en el año 2,019, éste estaba enfocado en un banco proteico que estaba conformado por componentes leñoso mediante la especie Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) y agrícola anual del Maíz (*Zea Mays*).

El presente proyecto contempló un distanciamiento de la Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) de un metro (1m) entre planta por cuatro metros (4m) entre calle, haciendo así una densidad de dos mil quinientos (2,500) árboles por hectárea. Ahora bien, del lado de la especie de Maíz (*Zea Mays*) se estableció en los callejones de las filas de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*), en un setenta y cinco por ciento (75%) total de la superficie, a un espaciamiento de cero punto tres metros (0.3m) entre planta por cero punto siete metros (0.7m) entre calle, conformando una densidad de treinta y cinco mil setecientos catorce (35,714) plantas por hectárea.

El diseño clasifica al sistema agro silvícola según la combinación de componentes “agro” por incluir el elemento forestal de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) y agrícola Maíz (*Zea Mays*); el objetivo que se persiguió es la optimización del crecimiento del componente agrícola al tener espacio suficiente para el ingreso de luz solar, cuatro metros (4m) entre filas de árboles; asimismo, qlos componentes “silvícolas” se relacionan con el propósito de producir alimento alto en proteína y fibra mediante la Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) y alto en energía y nutrientes a través del Maíz (*Zea Mays*).

#### ***4.2.2 Evaluación de Prendimiento y Crecimiento Inicial de Leucaena (Leucaena Leucocephala), según la Fuente de la Semilla “Sexual versus Asexual”***

El análisis estadístico realizado sobre el prendimiento fue evaluado treinta (30) días posterior al establecimiento, para ello, se empleó el crecimiento inicial únicamente como variable base para estimar prendimiento en las plantas de origen “plántula”. Por otro lado, en el caso del origen de “estaquilla”, el prendimiento fue determinado a través de la evaluación de brotes observados. El análisis de varianza, ANDEVA, fue llevado a cabo bajo un nivel de confianza del noventa y cinco por ciento (95%), indicando que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre ambos tratamientos; a raíz de ello, se concluye que los resultados muestras que es indiferente la implementación de material sexual como plántulas o material asexual tal como estaquillas para el establecimiento de sistemas agro-silvícolas.

Cabe mencionar que los análisis arrojaron bajo prendimiento en el caso de la fuente sexual, plántulas, con un cuarenta por ciento (40%), sin embargo, esto obedece a la pobre calidad de las plantas adquiridas, dado que es un producto de poca demanda por lo que únicamente existen en viveros informales que esgrimen escasa o nula tecnología en la región. En contraparte, en el caso de la fuente asexual, es decir estaquillas, el prendimiento fue de veintitrés por ciento (23%), considerado también bajo, no obstante, se relaciona con el insuficiente periodo de establecimiento para llevar a cabo la evaluación y diámetro de la estaquilla. Un dato importante que acotar es que según autores se prevé que a mayor diámetro de estaquilla se obtendrá un mayor prendimiento con un  $r^2$  de 0.99.

#### ***4.2.3 Costos de Implementación del Sistema Agro Silvícola “Árboles de Leucaena (Leucaena Leucocephala) en Asocio con Maíz (Zea Mays)***

El costo económico que conlleva la implementación de sistemas agro silvícolas asciende aproximadamente a veintiún mil trescientos ochenta y un quetzales (Q.21,381.00) por hectárea cuando la fuente de semilla es asexual y; veintidós mil setecientos catorce quetzales (Q.22,714.00) por hectárea cuando se emplean semillas asexuales; es decir que, la proyección financiera incrementa mil trescientos treinta y tres quetzales (Q.1,333.00) por hectárea cuando se utiliza una fuente de semilla asexual; dicha diferencia corresponde a los gastos de transporte dado que el peso de las estaquillas es mayor en comparación con las plántulas y; el costo de siembra que la estaquilla dado que requiere tratamiento pre siembra que consiste en ejecutar desgaste, es decir hacer punta, al extremo incrustado en el suelo.

### **4.3 Conclusiones**

Mediante la implementación de la investigación, fue factible establecer un sistema agro silvícola en el Municipio de Santa Ana del Departamento de Petén, el cual consistió en árboles de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en asocio con Maíz (*Zea Mays*); a través de los resultados

obtenidos se indica que éste cumplió con la misión de promover, en los productores, alternativas de alimentación para ganado bovino resiliente.

El estudio desarrollado fue ejecutado en dos (2) meses de trabajo de campo, por lo que únicamente fue posible establecer el sistema agro silvícola más no evaluar los resultados en producción de componentes. A continuación, se enumeran los efectos específicos obtenidos con el presente trabajo de grado.

- El diseño del sistema agro silvícola desarrollado consistió en la siembra de Maíz (*Zea Mays*) en los callejones formados por hileras, denominados surcos, de plantas de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*). El boceto implementado tenía como propósito producir biomasa de Maíz (*Zea Mays*) para silo, el cual servirá como fuente energética en época seca y Leucaena (*Leucaena Leucocephala*), como alimento proteínico para generar alternativa de alimentación del ganado bovino. Cabe mencionar que el diseño llevado a cabo estuvo contemplado para sometimiento de ramoneo de la Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) en época de sequía y así reducir costos de corte y transporte.
- Mediante el estudio realizado se obtuvo en la prueba estadística el análisis de varianza (ANDEVA), a través del Software Infostat, con un noventa y cinco por ciento (95%) de confiabilidad que no existen diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos evaluados T1, fuente de semilla sexual a través de plántulas de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*) versus T2, fuente de semilla asexual a partir de estaquillas de Leucaena (*Leucaena Leucocephala*). Aunado a ello, los resultados arrojados sostienen que el prendimiento, es decir, sobrevivencia, promedio con semillas sexuales fue del cuarenta por ciento (40%) y en semillas asexuales fue del veintitrés por ciento (23%).
- El desarrollo del proyecto permitió delimitar los costos de implementación que conlleva el establecimiento de sistema agro silvícola, el cual asciende a veintiún mil trescientos

ochenta y un quetzales por hectárea (Q.21,381.00 / ha) cuando se empleé fuente de semilla sexual; y veintidós mil setecientos catorce quetzales por hectárea (Q.22,714.00 / ha) si se utilizan semillas asexuales. Por otro lado, en ambas estimaciones el establecimiento del maíz fue de once mil quinientos veinticuatro quetzales por hectárea (Q.11,524.00 / ha).

#### **4.4 Recomendaciones**

- Se recomienda al productor y propietario de la finca “GANORSA”, en la medida de lo posible, dar seguimiento al proyecto experimental y evaluar la biomasa producida por el Maíz (*Zea Mays*) y el prendimiento del componente leñoso al finalizar la época lluviosa para recabar costos de cosecha de Maíz (*Zea Mays*) y biomasa procedente de la *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*).
- Se sugiere al lector y futuros investigadores utilizar el presente estudio para el establecimiento de nuevos hallazgos o experimentos considerando evaluar las densidades del componente leñoso, con el objeto de definir la densidad óptima para la producción de biomasa en cantidades mayores por hectárea y reducción de costos.

## Lista de Referencias

- Agricultura. El cultivo del maíz.* (s. f.). infoAgro.com.  
<https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.htm>
- Amaro, O. A. (2009). *Estación experimental de pastos y forrajes* [Tesis]. Universidad de la Habana.
- Asociación ANDES & OxfamNovib. (s. f.). *Manual plagas y enfermedades del maíz.* yumpu.com.  
<https://www.yumpu.com/es/document/read/63686774/manual-plagas-y-efermedades-del-maiz>
- Catrileo, A., & Rojas, C. (s. f.). *Nutrientes de los alimentos y requerimientos del ganado.*
- Equipo Editorial de Intagri. (2019). *17 consejos para mejorar el rendimiento de maíz. Parte II.* Intagri. <https://www.intagri.com/articulos/cereales/consejos-para-mejorar-el-rendimiento-en-maiz-p2>
- Fuentes, M. R. (2002). El cultivo del maíz en Guatemala: Una guía para su manejo agronómico. En *Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola.*
- Gobierno de Chile, Instituto de Desarrollo Agropecuario INDAP. (2004). Sistemas agro-silvícolas: El árbol en beneficio de los cultivos agrícolas. En *Instituto de Investigación Forestal de Chile* (N.º 3).
- González, K. (2018). *Leucaena (Leucaena Leucocephala).* ZooVet.  
<https://zoovetespasion.com/pastos-y-forrajes/arbol-forrajero/leucaena-leucaena-leucocephala/>
- González, K. (2020). *Ficha técnica Leucaena (Leucaena Leucocephala).* InfoPastosyForrajes.com. <https://infopastosyforrajes.com/arbol-forrajero/leucaena/#comments>

- Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola, & Dardón, D. E. (2010). Recomendaciones para el manejo integrado de la mancha de asfalto (*Phyllacora maydis* Maublanc, *Monographella Maydis* Muller y Samuels, *Coniothirium phyllacorae* Maublanc) en el cultivo de maíz. En *Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Gobierno de Guatemala*.
- Jiménez, J. (2007). *Diseño de sistemas de producción ganaderos sostenibles con base a los Sistemas Silvopastoriles (SSP) para mejorar la producción animal y lograr la sostenibilidad ambiental* [Tesis de maestría]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza / Tropical Agricultural Research and Higher Education Center.
- La fórmula de los bancos forrajeros mixtos / CONtexto ganadero*. (2017). CONtexto Ganadero. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-formula-de-los-bancos-forrajeros-mixtos>
- Luna, N., & Romero, J. (s. f.). *Municipio de Santa Ana, Petén*. [https://docs.google.com/document/edit?id=16R1CW3EwRtNtNA5k5jnzosaewpf\\_Pz-CYMLbCKa\\_1Mw&hl=en](https://docs.google.com/document/edit?id=16R1CW3EwRtNtNA5k5jnzosaewpf_Pz-CYMLbCKa_1Mw&hl=en)
- Martínez, C. A., & Vivas, N. J. (2014). *Evaluación agronómica de 23 accesiones de Leucaena diversifoliia, en el peniplano de Popayán* [Thesis]. Universidad del Cauca.
- Parrotta, J. A. (2006). *Leucaena Leucocephala (Lam.) de Wit Leucaena*. Engormix. <https://www.engormix.com/agricultura/articulos/leucaena-leucocephala-lam-de-wit-leucaena-t26660.htm>
- Soto-Mora, E. S., Hernández, M., Luna, H. S., Ortíz, E., & García, E. (2016). Evaluación de contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 98-102.

Vargas, H. (2019). Departamento de Estado de los Estados Unidos, Programa Centroamérica Resiliente (ResCa), The Nature Conservancy. En *Manual de buenas prácticas para una ganadería bovina sostenible en Guatemala* (vii+90pp).

## Anexos

### Anexo 1

Resumen de variables evaluadas en el experimento.

Tratamiento	Repetición	Muestra (n)	Diámetro basal (cm)	Altura (cm)	Prendimiento (%)
Planta	1	16	No Aplica	15.4	40.0
	2	19		17.3	47.5
	3	13		15.7	32.5
Estaquilla	1	15	5.1	92.2	37.5
	2	7	3.9	94.8	17.5
	3	5	3.2	100.6	12.5

### Anexo 2

Detalle costos de establecimiento de un sistema agro silvícola “árboles de *Leucaena* (*Leucaena Leucocephala*) en asocio con maíz (*Zea mays*)” según fuente de la semilla “sexual versus asexual”.

Componente	Detalle costo	Costo U. (Q)	Unidad	Cantidad	Sup (m <sup>2</sup> )	Sub-Total / mues	Sub-Total /
Maíz	Fertilizante triple 15	Q225	Quintal	2	1575	Q450	Q2,857.14
Maíz	Fertilizante urea (46% N)	Q220	Quintal	1	1575	Q220	Q1,396.83
Maíz	Fertilizante foliar	Q50	Kilogramo	2	1575	Q100	Q634.92
Maíz	Semevin (IA:thiodicarb FS 350 (350 g/L))	Q50	50 ml	1	1575	Q50	Q317.46
Maíz	Mamut (IA:Benzoato de emamectina)	Q125	100 g	1	1575	Q125	Q793.65
Maíz	Semilla HB-83	Q15	Libra	10	1575	Q150	Q952.38
Leucaena estaquilla	Estaquillas de Leucaena	Q2	Unidad	255	1050	Q510	Q4,857.14
Leucaena planta	Plantas de Leucaena	Q2	Unidad	255	1050	Q510	Q4,857.14
Leucaena estaquilla	Transporte de estaquillas	Q200	Viaje	1	1050	Q200	Q1,904.76
Leucaena planta	Transporte de plantas	Q150	Viaje	1	1050	Q150	Q1,428.57
SAF	Preparación de Sitio	Q300	Unidad	1	2100	Q300	Q1,428.57
Maíz	Jornales siembra	Q90	Jornal	1	1575	Q90	Q571.43
Leucaena estaquilla	Jornales siembra de estaquillas	Q90	Jornal	3	1050	Q270	Q2,571.43
Leucaena planta	Jornales siembra de plantas	Q90	Jornal	2	1050	Q180	Q1,714.29
SAF	Jornales limpieza de Leucaena en estaquilla y Leucaena en plan	Q90	Jornal	1	2100	Q90	Q428.57
Maíz	Jornales aplicación de fertilizante triple 15	Q90	Jornal	2	1575	Q180	Q1,142.86
Maíz	Jornales aplicación de fertilizante urea	Q90	Jornal	1	1575	Q90	Q571.43
Maíz	Jornales aplicación de Mamut	Q90	Jornal	3	1575	Q270	Q1,714.29
Maíz	Jornales limpieza	Q90	Jornal	1	1575	Q90	Q571.43

### Anexo 3

*Preparación del terreno para el establecimiento del sistema agro silvícola.*



## Anexo 4

*Establecimiento de los componentes que conforman el sistema agro silvícola.*

