

Tecnológico Nacional de México Instituto Tecnológico de la Zona Maya

Crecimiento de tres genotipos de *Leucaena leucocephala* en el Sur de Quintana Roo

**Anteproyecto de Residencia Profesional
que presenta la C.**

Landy Abigail Huchin Chan

N° de Control 12870133

Carrera: Ingeniería en Agronomía

Asesor Interno: Dr. Fernando Casanova Lugo

Juan Sarabia, Quintana Roo diciembre 2016

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA ZONA MAYA

El Comité de revisión para Residencia Profesional del estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN AGRONOMÍA, **LANDY ABIGAIL HUCHIN CHAN**; aprobado por la Academia del Instituto Tecnológico de la Zona Maya integrado por el asesor interno DR. Fernando Casanova Lugo, el asesor externo el M. en C. Víctor Francisco Díaz Echeverría, habiéndose reunido a fin de evaluar el trabajo titulado: **CRECIMIENTO DE TRES GENOTIPOS DE LEUCAENA LEUCOCEPHALA EN EL SUR DE QUINTANA ROO**, que presenta como requisito parcial para acreditar la asignatura de Residencia Profesional de acuerdo al Lineamiento vigente para este plan de estudios, dan fe de la acreditación satisfactoria del mismo y firman de conformidad.

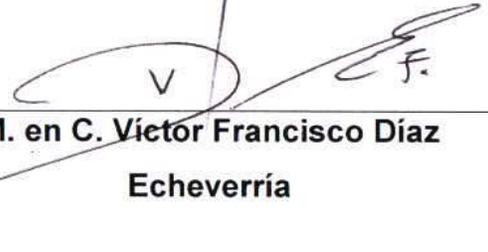
ATENTAMENTE

Asesor Interno



Dr. Fernando Casanova Lugo

Asesor Externo



M. en C. Víctor Francisco Díaz

Echeverría

Juan Sarabia; Quintana Roo, diciembre, 2016.

AGRADECIMIENTOS

Antes que nada, quiero agradecerte a Ti Mi Dios gracias por siempre guíame por permitirme llegar hasta esta etapa de mi vida por cuidarme y colmarme de bendiciones por permitirme concluir un sueño más el cual quiero entregarte gracias

A mi asesor el Dr. Fernando Casanova Lugo primero por aceptarme ser su residente, por tener la paciencia de tratarte y por brindarme su valioso tiempo. Gracias por compartir conmigo sus conocimientos y por guiarme en este camino.

A mis padres por siempre estar a mi lado apoyándome en cada decisión de mi vida por siempre aconsejarme por querer lo mejor o mejor para mí. gracia los AMO

A mis hermanos por siempre decimarme que yo puedo hacer las cosas por sus consejos por apoyarme en todas gracias por ser los mejores hermanos.

En especial quiero agradecerte a ti hermana Elsy Noemí Huchin más que mi hermana mi mejor amiga por apoyarme gracias por tus consejos y también por tus regaños gracias por agracias por apoyarme económicamente gracias por querer lo mejor para mí siempre estaré agradecida contigo muchísimas gracias

A la escuela, por estos cuatro años y medio que perteneciendo a este plantel como no agradecerte si por medio de tus a maestros nos en forjado un camino porque también aquí conocí buenas personas, amigos y compañeros. Que melancolía al saber que estoy a punto de dejarte escuela, pero en tus instalaciones se quedaron los buenos y malos momentos que pasamos como grupo y también como persona, gracias.

RESUMEN

En Quintana Roo, el principal problema es la incorporar especies que permitan mejorar la productividad y calidad del forraje ofrecido a los animales. Generalmente los sistemas basados en pasturas presentan varias limitantes, entre las más importantes destacan la baja calidad, así como la disponibilidad irregular del forraje, limitando el correcto funcionamiento ruminal y la producción animal principalmente de animales en pastoreo.

Debido a los costos elevados de alimentos concentrados, es necesario promover la utilización de fuentes alimenticias que sean económicas y de alto valor nutritivo que ayuden a maximizar la producción animal. Una alternativa es la asociación de leguminosas en los pastos por lo que destaca la *Leucaena leucocephala*, por su alto contenido de proteína, palatabilidad, y fijación de nitrógeno en el suelo y adaptación en la región.

En tal presente trabajo se evaluó los crecimientos de los genotipos de *L. leucocephala* (*Nativa*, *Cunningham*, *KX2*). Por lo que posteriormente fueron evaluadas el crecimiento (altura, diámetro, número de hojas y área foliar) las cuales fueron evaluadas a los 30, 60, 90, 120, 150 días.

Se midieron 30 plantas por genotipo los resultados muestran los siguiente:

Las semillas de *L. leucocephala* colectadas en la zona sur de Quintana Roo (semillas nativas) mostraron la mejor germinación con el 62.66 % que los demás genotipos evaluados en condiciones de vivero.

El mayor crecimiento en campo fue para *L. leucocephala* cv. *Cunningham* dado que tuvo la mayor altura, diámetro y número de hojas que los demás genotipos a través del tiempo.

Tasa de crecimiento en base a altura de los tres genotipos de *Leucaena leucocephala* nos mostraron que de los 30 a 120 días ($P < 0.01$) por lo que las

especies mostraron diferencias estadísticas significativas. Y en los 150 días no diferencias significativas ($P < 0.05$)

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE.....	3
III. PROBLEMAS A RESOLVER.....	4
IV. OBJETIVOS.....	5
4.1. Objetivo general.....	5
4.2. Objetivos específicos.....	5
V. JUSTIFICACIÓN	6
VI. MARCO TEÓRICO	8
6.1. Distribucion de <i>Leucaena leucocephala</i>	8
6.2. Descripción botánica de <i>Leucaena leucocephala</i> Lam de Wit.....	8
6.2.1. <i>Leucaena leucocephala</i> cv. Cunningham.....	9
6.2.2. <i>Leucaena leucocephala</i> cv. KX2	10
6.3. Rendimiento y calidad forrajera	10
6.4. Valor ecológico de <i>Leucaena leucocephala</i>	12
6.5. Los sistemas silvopastoriles.....	12
6.6. <i>Leucaena leucocephala</i> en la alimentación de rumiantes.....	14
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
7.1. Lugar.....	15
7.2. Preparación del terreno	15
7.3. Preparación de la semilla	15
7.4. Siembra en vivero y germinación	16
7.5. Germinación en vivero	16
7.6. Establecimiento de plántulas en campo	16
7.7. Parámetros a medir.....	16
7.8. Análisis de datos	17

VIII. RESULTADOS	18
IX. CONCLUSIONES.....	22
X. COMPETENCIAS DESARROLLADAS.....	23
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
XII. ANEXOS.....	27

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1. Crecimiento de tres genotipos de <i>Leucaena leucocephala</i> a 30 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.....	19
Cuadro 2. Crecimiento de tres genotipos de <i>Leucaena leucocephala</i> a 60 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.....	19
Cuadro 3. Crecimiento de tres genotipos de <i>Leucaena leucocephala</i> a 90 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.....	20
Cuadro 4. Crecimiento de tres genotipos de <i>Leucaena leucocephala</i> a 120 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.....	20
Cuadro 5. Crecimiento de tres genotipos de <i>Leucaena leucocephala</i> a 150 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.....	21

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Distribución natural de la <i>Leucaena leucocephala</i>	8
Figura 2. Hoja y fruto (semilla) de <i>Leucaena leucocephala</i>	9
Figura 3. Germinación de las semillas de los tres genotipos de <i>Leucaena leucocephala</i> en condiciones de vivero en un suelo Gleisol en el Sur de Quintana Roo, México.....	18

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en el estado de Quintana Roo se cuenta con 3,648 unidades de producción en el cuales se cuenta con sobrepoblaciones de ganado bovino. Según el INEGI (2011), el estado de Quintana Roo representa el 3% de la producción nacional y está en el lugar 31 de 32 estados de la república. Esta baja producción ganadera contrasta con los efectos que causa el sobrepastoreo en las praderas y el bajo rendimiento de sólo 10 a 33 kilos de carne por hectárea.

Los sistemas de producción de rumiantes de interés zootécnicos en el trópico se han basado principalmente en la utilización de pasto y forrajes como fuente básica de la alimentación (Clevero *et al.*, 1995), las cuales constituyen la principal fuente de nutrientes y las más baratas, lo que representa un ahorro económico para los productores. Además, con el uso de estos no existen competencias con la alimentación humana y de otras especies (Díaz *et al.*, 1998).

Al respecto debe considerarse que en las regiones de gramíneas naturales o cultivadas experimentan una marcada fluctuación en la cantidad y calidad nutritiva a lo largo del año, pues en la época de secas el rendimiento del forraje es bajo, mientras que, en la época de lluvia, el exceso de humedad y las altas temperaturas aceleran la maduración de las plantas y disminuyen la calidad nutritiva (Bosman *et al.*, 1990).

Una de las estrategias con mejores resultados que han surgido en la ganadería tropical ante tal problemática es la reconversión de los sistemas tradicionales de monocultivos con el establecimiento de los sistemas silvopastoriles (Solorio *et al.*, 2012), que involucran la integración de leguminosas arbustivas como *Leucaena leucocephala* con gramíneas que presenta características adecuadas para incrementar el rendimiento y calidad de forraje, la fijación y reciclaje de nitrógeno

atmosférico (Solorio, 2005). Además, se obtiene mayor producción de carne y leche en comparación con los sistemas tradicionales de producción en monocultivo (Bacab *et al.*, 2013).

A pesar de lo anterior, la mayoría de los reportes científicos se basan principalmente en el estudio de una planta en particular y no contemplan la influencia de otras especies u otros genotipos mejorados sobre dichos mecanismos de respuesta y adaptación al medio ambiente (Tamayo-Chim *et al.*, 2012). Tal es el caso del Estado de Quintana Roo, en el sur de México, donde los estudios sobre diferentes genotipos de *L. leucocephala* son escasos. De hecho, algunos reportes sostienen que el estudio de la respuesta de las plantas bajo diferentes ambientes es la base fundamental para establecer mejoras en los sistemas de manejo y diseños silvopastoriles existentes. Por lo tanto, el propósito del presente estudio fue evaluar la respuesta de crecimiento de tres genotipos de *L. leucocephala* (Cunningham, KX2 y nativa), en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo.

II. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA U ORGANIZACIÓN Y DEL PUESTO O ÁREA DEL TRABAJO EL ESTUDIANTE

El Instituto Tecnológico de la Zona Maya se encuentra a 30 minutos de la ciudad de Chetumal el cual cuenta con una superficie de 100 hectáreas estando divididas en áreas de trabajo, así como edificios de salones y laboratorio, es una institución especializada en brindar educación a nivel superior.

El Instituto Tecnológico de la Zona Maya (ITZM) antes llamado Instituto Tecnológico Agropecuario No. 16 (ITA), se encuentra ubicado en el Ejido Juan Sarabia, en el Municipio de Othón P. Blanco en el estado de Quintana Roo, México. El Tecnológico de la Zona Maya ofrece 3 carreras profesionales a nivel licenciatura.

El Instituto Tecnológico de la Zona Maya es la única institución de nivel superior en el Estado que ofrece carreras con orientación agronómica y forestal, lo cual lo posiciona de manera muy significativa, como la Institución de Educación Superior Agrícola y Forestal por excelencia en Quintana Roo.

III. PROBLEMAS A RESOLVER

Los sistemas de producción agropecuarios en los trópicos se tiene la necesidad urgente de incorporar especies que permitan mejorar la productividad y calidad del forraje ofrecido a los animales. Generalmente los sistemas basados en pasturas presentan varias limitantes, entre las más importantes destacan la baja calidad, así como la disponibilidad irregular del forraje, limitando el correcto funcionamiento ruminal y la producción animal principalmente de animales en pastoreo.

Debido a los costos elevados de alimentos concentrados, es necesario promover la utilización de fuentes alimenticias alternativas que sean económicas y de alto valor nutritivo que ayuden a maximizar la producción animal. Además de considerar especies que sean poco demandantes de fertilizantes químicos.

Aunado a la anterior también se debe considerar el propósito de mantener un ambiente favorable, así como mantener o incrementar la fertilidad de los suelos. En este sentido, las leguminosas arbustivas presentan características idóneas para incrementar el rendimiento y disminuir costos económicos que importación de alimentos.

Por lo tanto, *L. leucocephala* contribuye a la alimentación directamente al incremento de la calidad y cantidad del forraje ingerido e indirectamente al aportar importantes cantidades de nitrógeno al suelo para promover el crecimiento de las gramíneas en asociación. Este tipo de arbustivas presentan mayor tolerancia a las sequías y tolera mejor el mal manejo y una gran capacidad de rebrotar en tiempos muy cortos.

IV. OBJETIVOS

4.1. Objetivo general

Evaluar la respuesta de crecimiento de tres genotipos de *Leucaena leucocephala* (i.e. Cunningham, KX2 y nativa), en un suelo Gleisol en las condiciones del sur del Estado de Quintana Roo.

4.2. Objetivos específicos

- Determinar el porcentaje de germinación de tres genotipos de *L. leucocephala* en condiciones de vivero.
- Cuantificar la altura total, diámetro, número de hojas y área foliar en tres genotipos de *L. leucocephala* a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después trasplante.
- Estimar la tasa de crecimiento relativo en base a altura total en tres genotipos de *L. leucocephala* a los 30, 60, 90, 120 y 150 días después del trasplante.

V. JUSTIFICACIÓN

En la zona Sur de Quintana Roo, el principal problema de producción ganadera es la falta de forrajes de buena calidad nutricional y buen rendimiento por hectárea. La suplementación a lo largo del año o en la época de secas, a base de alimentación concentrados representa una alta inversión económica para el productor, por lo que año con año el productor se ve en la difícil tarea de contar con suficiente alimento para su ganado afectando de manera directa los productores pecuarios.

Una de las alternativas que actualmente han cobrado mayor importancia para la mejora de los sistemas de producción de rumiantes es la inclusión de leguminosas en los sistemas tradicionales de alimentación ya que se distinguen de otras plantas por su alto contenido de proteínas, capacidad para mantener la fertilidad del suelo, además de tener un amplio rango de adaptación a condiciones climáticas adversas (Solorio y Solorio, 2008).

La *Leucaena leucocephala* (guaje o huaxin) es una planta arbustiva utilizada principalmente como follaje para alimentar animales estas se adaptan bien a varias condiciones climáticas y los sistemas pastoriles, con rendimiento de forraje (que van de los 6300 a 8300kg/ha). Quizás los atributos más sobresalientes de la *Leucaena leucocephala* son, la gran aceptación por parte de los animales por su alta palatabilidad, su alto contenido de proteína cruda (25.6% de la materia seca) y un amplio espectro de aminoácidos, lo que conlleva una buena digestibilidad ruminal.

Sin embargo, su uso como planta forrajera y mejoradora del suelo en los sistemas silvopastoriles para la producción de rumiantes en nuestro Estado, es limitado, debido principalmente a la falta de información sobre los parámetros de su composición nutricional durante el periodo de establecimiento, entre los que destacan el porcentaje de materia seca, materia orgánica y proteína cruda, así como

los efectos que tiene sobre estos parámetros la asociación con gramíneas forrajeras de la región.

VI. MARCO TEÓRICO

6.1. Distribucion de *Leucaena leucocephala*

La *Leucaena Leucocephala*, Guaje o Huaxim como es comúnmente conocida, es originaria de México y Centro de América (Figura 1). Es una planta arbustiva, aunque en ocasiones se le puede encontrar en la vegetación natural como un árbol (Flores, 1983). En algunas regiones de México se consume el follaje tierno como verdura, mientras que en otras partes el follaje se utilizado para alimentar animales, así como mejoradora del suelo.



Figura 1. Distribucion natural de la Leucaena

6.2. Descripción botánica de *Leucaena leucocephala* Lam de Wit

Los árboles pueden alcanzar hasta 15 m de altura, con troncos cortos y bastantes ramas. El origen no está claramente definido. Alcanza entre 450,0 y 610,0 kg semillas totales/ha, sin poda con 97% de pureza y 67,0% de germinación en el primer año. Las hojas de Guaje son bipinadas, con 4 a 9 pares de pinas situadas a lo largo de raquis de 15 a 20 cm de largo. Cada pina puede tener entre 10 a 17 pares de folíolos. Las inflorescencias son blancas con 100-180 flores densamente

rodeado de pedúnculos (NAS, 1997). Las vainas son delgadas, de hasta 20 cm de longitud y 2 cm de ancho, y contienen entre 15 y 25 semillas (Figura 2).



Figura 2. Hoja y fruto (semilla) de *Leucaena leucocephala*

6.2. Genotipos mejorados (híbridos)

6.2.1. *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham

Es un cruce de los tipos Perú (arbustiva) con tipo Salvador (arbórea). Esta *Leucaena* tiene alta capacidad de rebrote después del ramoneo, responde muy bien a las podas severas, sus tallos son flexibles lo que disminuye el desgarre de las ramas, tiene buena palatabilidad y contiene baja concentración de mimosina.

El rendimiento de la planta entera puede ser de 14,2 y 18,0 t de MS/ha/año con riego y entre 7,0 y 14,0 t MS/ha/año en condiciones de secano. El contenido de materia seca, proteína bruta, fibra bruta, calcio y fósforo, fluctúa entre 20,0 y 32,0; 18,0 y 27,0; 27,0 y 34,0; 1,18 y 2,43, entre 0,27 y 0,35% respectivamente.

6.2.2. *Leucaena leucocephala* cv. KX2

En general, los rasgos morfológicos de híbridos adhesiones son intermedios entre los padres adhesiones. Donde los híbridos tienen los padres de los diferentes niveles de ploidía la morfología general será sesgada hacia el padre de un mayor nivel de ploidía debido al efecto de la dosis reconocido. Vea las hojas de detalles morfológicos de las especies parentales.

6.3. Rendimiento y calidad forrajera

La leguminosa *L. leucocephala* es muy bien conocida como arbusto forrajero tropical por su alta calidad forrajera. Es la leguminosa tropical más diseminada en los trópicos y subtropicos como planta forrajera. El concepto de la calidad del forraje se refiere a la habilidad del forraje en proveer los nutrientes esenciales, energía, proteína, minerales y vitaminas, requeridas por los animales para mantenimiento y producción y reproducción.

Las condiciones de materia seca, proteína bruta, fibra bruta, calcio. Fosforo en las hojas tiernas son de: 6, 8; 31,9; 16,5; 1,7 y 0,35%; mientras que en las vainas maduras con semillas (para confección de harinas) son de: 23,8: 23,5; 34,8; 0,66 y 0,12% en ese mismo orden, respectivamente.

La calidad forrajera es una función de la composición química, consumo voluntario de materia seca, digestibilidad de nutrientes y la eficiencia de la utilización de los nutrientes ingeridos por los animales. La digestibilidad de la materia seca, proteína cruda, componentes de la pared celular y componentes minerales para estimar la calidad del forraje. Dalzell *et al.* (1997) observaron digestibilidad de la materia seca del 61-66% de diferentes accesiones de *L. leucocephala*. Lo anterior fue corroborado por Stewart and Dunsdon (1998) quienes observaron digestibilidades similares (60-70%).

La mayor parte de la proteína en los forrajes sirve para satisfacer los requerimientos de nitrógeno de microorganismos ruminales para la síntesis de proteína microbiana, la que será digerida luego en el intestino delgado. Solamente una parte menor de la proteína (proteína pasante o bypass protein) pasa directamente al intestino delgado para la digestión y absorción directa. Un mínimo de 6-8% de proteína cruda en la dieta es necesario para mantener la concentración de amonio N (un producto de la degradación microbiana de la proteína forrajera) en exceso de 70 mg amonio N/L en el rumen, la contracción requerida para una eficiente fermentación microbiana y síntesis proteica microbiana para mantenimiento del animal (Norton *et al.* 1995). Niveles muy superiores de proteína (12 – 25%) en la dieta son necesarios para maximizar la producción animal (NRC 1985, 1996).

El contenido de proteína cruda en hojas maduras de diferentes genotipos de *L. leucocephala* representan en promedio 29.85% de la materia seca (Dalzell *et al.* 1997). Por eso, la *L. leucocephala* posee un gran potencial para proveer a la dieta con nitrógeno altamente digestible cuando está incorporada a una dieta forrajera de baja calidad. Por ejemplo, con una dieta forrajera que contiene 7% de proteína cruda que es suplementada con 30% de *L. leucocephala* que contiene 24% de proteína cruda, se obtiene una ración que contiene 12% de proteína cruda, suficiente para sustentar los requerimientos animales para crecimiento y para producción de leche (NRC, 1985).

Como única fuente, *L. leucocephala* provee la mayoría de los minerales requeridos para ovejas y bovinos en crecimiento y lactación. Solo el sodio está presente en un 25 - 50% de los requerimientos. Austin *et al.* (1992) encontraron en un estudio que el Cobre fue deficiente y el Magnesio fue marginal. Ningún mineral fue detectado en concentraciones tóxicas que podía interferir en la absorción y retención de los nutrientes.

6.4. Valor ecológico de *Leucaena leucocephala*

Además del valor nutritivo excelente, *L. leucocephala* tiene otras características sobresalientes (McLaughlin, 2001):

- Aumenta el aprovechamiento de agua pluvial en pastoreos grandes. Por el sistema de raíces profundas mejora el uso del agua del suelo que es transformado en rendimiento forrajero.
- Por el aumento de retención del agua, infiltra menos agua de lluvia hasta la capa freática. El nivel del agua subterránea queda bajo y así disminuye el peligro de salinización.
- Fija nitrógeno de la atmósfera introduce a la planta valiosas sales nitrogenadas en el sistema de producción, que a su vez causa un incremento de producción por unidad de superficie.
- La leguminosa *L. leucocephala* en pasturas con gramíneas es mejor sistemas de pastoreo con el mejoramiento posible y sostenible en las zonas tropicales y subtropicales.
- Una plantación de *L. leucocephala* fija entre 600 y 800 kg de carbono por hectárea y año. Esto es un argumento muy valioso en la discusión política actual en cuanto al “efecto invernadero”.

6.5. Los sistemas silvopastoriles

Los sistemas silvopastoriles (SSP) se proponen como una transformación tecnológica que implique mejoras en los sistemas y que a la vez genere servicios ambientales, mediante el uso y adaptación de prácticas agrícolas mejoradas, capaces de almacenar carbono en el suelo y la biomasa aérea, disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero como dióxido de carbono, metano, óxido nitroso; incremento en la biodiversidad por ejemplo flora, fauna, hongos y microorganismos y mantenimiento de fuentes de agua (Murgueitio *et al.*, 2011).

Aunque los SSP no son de uso generalizado, cada día se están difundiendo más por los beneficios probados que representan para el productor (Bacab *et al.*, 2013; Solorio *et al.*, 2013). Los agricultores y ganaderos se han interesado en el manejo

de árboles como en pasturas debido a su valor para proveer de alimento de alto valor nutritivo para el ganado, especialmente durante la época seca, y por su valor económico como productores de leña y fuente de servicios ambientales (Martínez *et al.*, 2013).

El objetivo principal de los SSP es contribuir a mejorar la calidad de los alimentos que consume el ganado durante la época de sequía y reducir los costos de producción, así como conservar el ambiente (Bacab *et al.*, 2013). En efecto, la fertilización de pasturas en monocultivo es una práctica que eleva los costos de producción y puede tener efectos perjudiciales en el ambiente debido a la contaminación de las fuentes de agua. Idealmente, el SSP ofrece beneficios, como la fijación biológica de nitrógeno y en consecuencia, una mayor producción y calidad de forraje, debido al uso eficiente de los recursos (Sarabia *et al.*, 2013).

Cuando hablamos de SSP, debemos tener en cuenta que conocemos los niveles de competencia que puedan tener las especies del sistema tanto por nutrimentos, agua y luz (Casanova *et al.*, 2010). Las interacciones entre especies son reguladas a través del ambiente mediante el principio de “respuesta y efecto”, el cual establece que la planta y su ambiente se modifican el uno al otro (Ong *et al.*, 2004). De esta manera la morfología y vida de la planta son presididas por el ambiente, pero al mismo tiempo; la planta puede cambiar su ambiente. La naturaleza de las interacciones *inter* e *intra* especies se refiere entonces a los medios por los cuales una planta puede influir sobre sus vecinas, en forma directa por adición o sustracción nutrimentos, o indirectamente estimulando especies insectívoras (Tamayo *et al.*, 2012).

Los SSP proveen a los animales una dieta rica en proteína, por ello la implementación de estos sistemas se convierte en una ventaja. Las leguminosas usadas para dichos sistemas pasan de los 18% de proteína y se puede alcanzar ganancias de peso en zonas tropicales hasta de 800 g/animal/día en bovinos, y un incremento de hasta dos litros de leche por vaca/día y en el caso de ovinas

ganancias de peso de 106 g/día (Wencomo, 2008; Barros *et al.* 2012). Por tales virtudes, la asociación de leguminosas forrajeras como *L. leucocephala* con gramíneas dentro de los SSP se presentan como una alternativa para la producción ovina debido a que proveen una dieta rica en nutrientes, constituyendo una opción importante ya que incorporan el componente arbóreo, la diversidad de especies, reciclaje y liberación de nutrientes en sincronía con los componentes del sistema. Otra ventaja son los múltiples servicios ambientales como son la fijación del carbono, la conservación de la biodiversidad, la filtración del agua y protección de las cuencas, reducción de la erosión del suelo y mayor productividad del suelo (Solorio *et al.*, 2003), además mejoran las condiciones micro climáticas optimizando el consumo de alimento de los animales.

6.6. *Leucaena leucocephala* en la alimentación de rumiantes

Las hojas y las vainas de *L. leucocephala* se usan extensamente como forraje para animales rumiantes, ya que entre sus cualidades está el alto contenido de proteína bruta en el forraje, que varía entre 24 y 30 %, dependiendo de la variedad y la época del año (García *et al.* 2008). La digestibilidad de la proteína alcanza el 63% y la digestibilidad de la materia seca entre 60 y 70 % medida in vivo (Barros *et al.*, 2012). Además, es muy resistente al pastoreo y a las enfermedades causadas por Fitopatógenos (Solorio *et al.* 2003). Otros aspectos importantes a considerar son la cantidad de taninos condensados que contiene. Alonso-Díaz *et al.* (2010) sugieren que los taninos pueden ser usados como un agente antihelmíntico natural contra los nematodos gastrointestinales en los rumiantes. Por estas virtudes es que en varios países se denomina a *L. leucocephala* como la “planta sagrada”. Existen varias investigaciones donde se ha medido el consumo de materia seca (MS) de *L. leucocephala* y pasto en ovinos en regiones tropicales.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Lugar

El trabajo se realizó en los terrenos del Instituto Tecnológico de la Zona Maya, localizado a 21.5 kilómetros de la carretera Chetumal a Escárcega, en el municipio de Othón P. Blanco, establecido en un clima cálido subhúmedo tipo AW1, con lluvias en el verano y parte del invierno, la temperatura media anual fluctúa entre los 24.5 y 25.8 °C (García, 1993). Se encuentra casi a nivel del mar y su topografía es plana, con predominancia de los suelos gleisoles haplicos (Akalche gris) de acuerdo con la clasificación de la FAO, los vientos dominantes con alisios que soplan casi todo el año, pero principalmente en verano (SAGARPA, 2003).

7.2. Preparación del terreno

Las parcelas demostrativas se establecieron en una superficie de 2:00 hectáreas de terreno aledaño a las instalaciones del Instituto Tecnológico de la Zona Maya en un suelo con predominancia de gleisoles haplicos (Akalche gris). El terreno se mediante el arado y posteriormente la rastra ligera, mediante la utilización de maquinaria agrícola. Posteriormente el terreno se dividió en 3 parcelas y se hicieron callejones para el establecimiento de los 3 genotipos de *L. leucocephala* (Nativa, Cumnigham, KX2) con dirección de oriente a occidente.

7.3. Preparación de la semilla

Se utilizaron semillas de *Leucaena leucocephala* de los cultivares Cunningham, KX2 colectadas en parcelas experimentales en Yucatán, y semilla nativa, la cual fue colectada en el Sur de Quintana Roo de poblaciones aledañas al Instituto Tecnológico de la Zona Maya. Las semillas de cada uno de los genotipos fueron escarificadas con agua caliente a 80 °C por 3 minutos para romper la dormancia de la misma y posteriormente fueron sembradas en vivero.

7.4. Siembra en vivero y germinación

La siembra de la semilla en vivero se realizó de manera manual a una profundidad de siembra de 2-3 cm, con un aproximado de 2 a 3 semillas por tubete. Estos últimos fueron de 15 cm de altura con 5 cm de diámetro y fueron llenados con suelo y cosmopeat® a razón de 1:1. Se les aplicó agua de riego cada tercer día de manera manual y no se les aplicó fertilizantes.

7.5. Germinación en vivero

Para cada genotipo se seleccionaron aleatoriamente 3 grupos de 10 plantas, las cuales fueron monitoreadas desde el día de la siembra hasta la emergencia de la plántula por un periodo de 15 días, con ello se determinó la proporción de semillas viables.

7.6. Establecimiento de plántulas en campo

El establecimiento de las parcelas experimentales de los diferentes genotipos de *L. leucocephala* (*i.e.* Cunningham, KX2 y nativa) fue en el mes de junio de 2016. Cada parcela midió aproximadamente 30 m de largo x 14 m de ancho y estuvo conformada con una separación entre hileras de 2 m y con una distancia entre plantas de 0.50 m, para tener una densidad media de 10,000 plantas/ha. Cabe señalar que el control de malezas se realizó mensualmente de forma manual o mediante desbrozadora de motor de dos tiempos. Asimismo, se les aplicó riego manual con una manguera de plástico cada tercer día por las mañanas (8-10 am) durante el primer mes de establecimiento. Cabe señalar que en todos los casos no se les aplicó ningún tipo de fertilizantes.

7.7. Parámetros a medir

En cada una de las parcelas experimentales se seleccionaron tres hileras discriminando los bordes, y se seleccionaron 30 plantas de manera aleatoria. A cada una de ellas se les registró mensualmente la altura total de las plantas (cm) del ras del suelo a la rama más alta con un flexómetro. Se midió el diámetro del tallo (mm), a 5 cm de altura partiendo del ras del suelo con un vernier digital de alta precisión.

Se contabilizó de forma manual la cantidad de hojas desarrolladas y, finalmente, se determinó el área foliar en campo aplicando la siguiente ecuación:

$$AF = \frac{\pi \cdot R_1 \cdot R_2}{2} \quad \text{Ecuación [1]}$$

Dónde:

AF= Área foliar por planta (m²)

R₁= Radio Norte-Sur (m)

R₂= Radio Este-Oeste (m)

Del mismo modo, se calculó la tasa de crecimiento relativo (TCR) a base de la altura total de la planta (mm cm⁻¹ día⁻¹), utilizando la ecuación descrita por Holffmann y Poorter (2002):

$$TCR = \frac{(\ln H_f - \ln H_i)}{(t_f - t_i)} \quad \text{Ecuación [2]}$$

Donde *ln* es el logaritmo natural, *H_i* y *H_f* es la altura media de plántula (cm) en el tiempo de inicial (*t_i*) y final (*t_f*), respectivamente.

7.8. Análisis de datos

Los resultados de crecimiento de los tres genotipos de *L. leucocephala* fueron sometidos a un análisis estadístico descriptivo para determinar la media y desviación estándar con el software Excel para Windows 10®.

VIII. RESULTADOS

La mayor germinación de semillas fue para *L. leucocephala* Nativa con un 62.7% del total de semillas empleadas en vivero, seguido de *L. leucocephala* cv KX2 con 59.2%, y en menor proporción las semillas de *L. leucocephala* cv. Cunningham con un 55.7% (Figura 3).

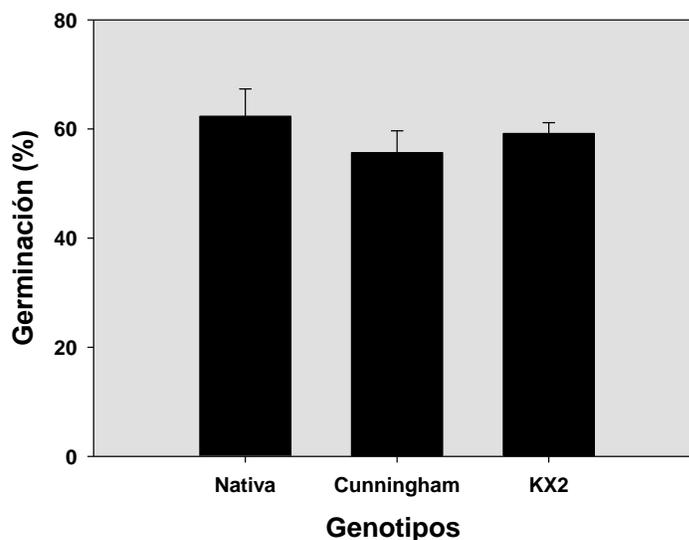


Figura 3. Germinación de semillas de tres genotipos de *L. leucocephala* en condiciones de vivero en un suelo gleisol en el Sur de Quintana Roo, México.

A los 30 días se observó que *L. leucocephala* cv. Cunningham tuvo la mayor altura total, diámetro del tallo y número de hojas, que los demás genotipos. No obstante, el área foliar de *L. leucocephala* Nativa fue mayor con relación a los genotipos mejorados, mientras que la TCR fue similar entre *L. leucocephala* cv. Cunningham y *L. leucocephala* Nativa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Crecimiento de tres genotipos de *Leucaena leucocephala* a 30 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.

Parámetros	Genotipo		
	Nativa	Cunningham	KX2
Altura total (cm)	18.60 (\pm 6.14)	20.85 (\pm 7.68)	13.52 (\pm 7.07)
Diámetro del tallo (mm)	2.73 (\pm 0.75)	3.66 (\pm 7.69)	2.00 (\pm 2.17)
Número de hojas (#)	15.83 (\pm 4.43)	16.13 (\pm 4.26)	11.13 (\pm 11.70)
Área foliar (m ²)	0.03 (\pm 0.02)	0.05 (\pm 0.02)	0.03 (\pm 0.04)
TCR (mm cm ⁻¹ día ⁻¹)	0.24 (\pm 0.08)	0.24 (\pm 0.05)	0.18 (\pm 0.09)

TCR, tasa de crecimiento relativo.

A los 60 días *L. leucocephala* cv. Cunningham tuvo el mejor comportamiento agronómico dado que mostró la mayor altura total, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar y TCR con relación a los demás genotipos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Crecimiento de tres genotipos de *Leucaena leucocephala* a 60 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.

Parámetros	Genotipo		
	Nativa	Cunningham	KX2
Altura total (cm)	57.43 (\pm 13.73)	69.40 (\pm 18.73)	49.41 (\pm 18.44)
Diámetro del tallo (mm)	7.99 (\pm 2.03)	10.54 (\pm 2.83)	8.07 (\pm 4.15)
Número de hojas (#)	35.67 (\pm 13.06)	61.23 (\pm 16.66)	52.90 (\pm 28.23)
Área foliar (m ²)	0.39 (\pm 0.18)	0.82 (\pm 0.45)	0.47 (\pm 0.36)
TCR (mm cm ⁻¹ día ⁻¹)	1.29 (\pm 0.44)	1.61 (\pm 0.59)	1.19 (\pm 0.46)

TCR, tasa de crecimiento relativo.

Del mismo modo, A los 90 días *L. leucocephala* cv. Cunningham tuvo el mayor crecimiento dado que mostró la mejor altura total, diámetro del tallo, número de hojas, área foliar y TCR con relación a los demás genotipos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Crecimiento de tres genotipos de *Leucaena leucocephala* a 90 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.

Parámetros	Genotipo		
	Nativa	Cunningham	KX2
Altura total (cm)	99.19 (\pm 25.58)	129.67 (\pm 23.18)	96.24 (\pm 26.17)
Diámetro del tallo (mm)	13.01 (\pm 3.61)	15.43 (\pm 3.80)	13.10 (\pm 3.94)
Número de hojas (#)	79.73 (\pm 25.44)	126.90 (\pm 48.58)	119.53 (\pm 66.37)
Área foliar (m ²)	0.97 (\pm 0.38)	1.93 (\pm 0.88)	1.34 (\pm 0.75)
TCR (mm cm ⁻¹ día ⁻¹)	1.39 (\pm 0.71)	2.00 (\pm 0.57)	1.56 (\pm 0.69)

TCR, tasa de crecimiento relativo.

A los 120 días se observó que *L. leucocephala* cv. Cunningham tuvo la mayor altura total y área foliar con relación a los demás genotipos. No obstante, *L. leucocephala* cv. KX2 tuvo el mejor diámetro del tallo, número de hojas y la TCR de *L. leucocephala* que el resto de los genotipos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Crecimiento de tres genotipos de *Leucaena leucocephala* a 120 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.

Parámetros	Genotipo		
	Nativa	Cunningham	KX2
Altura total (cm)	156.27 (\pm 8.80)	189.20 (\pm 8.80)	170.87 (\pm 8.80)
Diámetro del tallo (mm)	17.73 (\pm 24.50)	21.96 (\pm 25.35)	26.68 (\pm 36.11)
Número de hojas (#)	126.10 (\pm 30.37)	178.63 (\pm 91.30)	244.57 (\pm 109.32)
Área foliar (m ²)	1.84 (\pm 0.52)	3.26 (\pm 1.13)	3.02 (\pm 1.46)
TCR (mm cm ⁻¹ día ⁻¹)	1.90 (\pm 0.67)	1.98 (\pm 0.55)	2.48 (\pm 1.20)

TCR, tasa de crecimiento relativo.

A los 150 días *L. leucocephala* cv. Cunningham tuvo la mayor altura total comparado con los demás genotipos. Sin embargo, *L. leucocephala* cv. KX2 mostró el mejor diámetro del tallo, número de hojas, área foliar y TCR que el resto de los genotipos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Crecimiento de tres genotipos de *Leucaena leucocephala* a 150 días después del trasplante en un suelo gleisol en el sur de Quintana Roo, México.

Parámetros	Genotipo		
	Nativa	Cunningham	KX2
Altura total (cm)	220.67 (± 28.76)	250.93 (± 41.26)	239.50 (± 44.81)
Diámetro del tallo (mm)	23.29 (± 5.00)	27.11 (± 6.36)	36.03 (± 12.53)
Número de hojas (#)	212.47 (± 57.19)	240.07 (± 105.41)	385.50 (± 227.17)
Área foliar (m ²)	2.70 (± 0.68)	4.40 (± 1.32)	4.76 (± 1.90)
TCR (mm cm ⁻¹ día ⁻¹)	2.14 (± 2.14)	2.05 (± 1.05)	2.28 (± 1.18)

TCR, tasa de crecimiento relativo.

IX. CONCLUSIONES

Las semillas de *L. leucocephala* colectadas en la zona sur de Quintana Roo (semillas nativas) mostraron la mejor germinación con el 62.7% que los genotipos mejorados (57 – 59%). No obstante, en todos los casos las semillas de dicha leguminosa poseen una viabilidad media.

Las plantas de *L. leucocephala* cv. Cunningham mostraron un rápido crecimiento inicial que va de 30 a 90 días, no obstante; después de ese tiempo, *L. leucocephala* cv. KX2 incrementó rápidamente su crecimiento (i.e. 120 a 150 días después del trasplante).

En general, las plantas de los genotipos mejorados (i.e. *L. leucocephala* cv. Cunningham y cv. KX2) mostraron un comportamiento agronómico superior en comparación con *L. leucocephala* nativa, bajo las condiciones del Sur de Quintana Roo.

X. COMPETENCIAS DESARROLLADAS

Desarrollar el proceso productivo agropecuario con un enfoque holístico y sustentable de los recursos disponibles.

Generar, adoptar y transferir tecnologías apropiadas a las necesidades del entorno.

Integrar los sistemas de producción a cadenas productivas para generar valor agregado.

Operar y administrar empresas propias o en sociedad a fin de lograr el uso eficiente de los recursos y la generación de empleos.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alonso j. (2011). Los sistemas silvopastoriles y contribución al medio ambiente. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas, p 107-115.

Bhojwani, S.S. & Razdan, M.K. (1983). Plant tissue culture: Theory and practice. Elsevier Sci. Publishers, Amsterdam.

Bosman, H.G.; Castillo, G. E.; Valles, M. B. y De Lucía, G. R. 1990. Composición botánica y nodulación de leguminosas en las pasturas nativas de la planicie costera del Golfo de México. Past. Trop. 12(1): 2-8.

Brewbaker, JL y Sorensson, CT (1994) La domesticación de especies menos conocidas de *Leucaena*. En: Leakey, RRB y Newton, AC (eds) *árboles tropicales: el potencial de la domesticación y la reconstrucción de los recursos forestales*. HMSO, Londres.

Benavides, J, E. 1999. Árboles y arbustos forrajeros: una alternativa agroforestal para la ganadería. FAO. Animal Production and Health Paper; 449-477.

Bacab, H. M. y Solorio, F. J. (2011). Oferta y consumo de forraje y producción de leche en ganado de doble propósito manejado en sistemas silvopastoriles en Tepalcatepec, Michoacán. Tropical and Subtropical Agroecosystems 13: 271-278.

Cárdenas, M.J. (2000) Comportamiento Productivo de Vacas Lactantes de Doble Propósito, Mantenido Bajo dos Cargas de pastoreo con o sin Suplemento con Follaje de *Leucaena leucocephala*. Tesis de licenciatura, Facultad Medicinal Veterinaria Y Zootecnia, Mérida, Yucatán.

Casanova L., F., Petit A. J., Solorio S. F. J., Parsons D., Ramirez A. L. (2013). Forage yield and quality of *Leucaena leucocephala* and *Guazuma ulmifolia* in mixed and pure fodder Banks systems in Yucatan, Mexico *Agroforest System*, p 52-55

Dalzell, D. A. and Shelton, H. M. 1997. Methods of field preservation and selection of simple tissue for condensed tannin analysis in *Leucaena* species. *Animal Feed Science and Technology*, p 68: 353-360.

Hoffmann, W. A. & Poorter, H. (2002) Avoiding bias in calculations of relative growth rate. *Annals of Botany*, 80: 37-42.

Jones, R. (1984): *Leucaena: Promising Forage and Tree Crop for the Tropics*. National Academy Press, Washington.

Mc Laughlin, K. (2001): *Leucaena action plan for salinity and water quality*. The Leucaena Network, Yeypon

Mahecha L. (2002), *El Silvopastoril: una alternativa de producción que disminuye el impacto ambiental de la ganadería bovina*. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, p 226-230.

Pezo D. e Ibrahim M. A. (1996), *Sistemas silvopastoriles; una opción para el uso sostenible de la tierra en sistemas ganaderos*. En: *1er Foro Internacional sobre Pastoreo Intensivo en Zonas Tropicales*. Veracruz México. FIRA. Banco de México. Pp 134-143

Paredes M. C, (2013) *Fijación biológica de nitrógeno en leguminosas y gramíneas*. Trabajo final de la ingeniería de Producción Agropecuarias. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. P 43-45

Solorio, F. J.; Bacab, H. M. y Ramírez, A. L. (2011). *Los sistemas silvopastoriles intensivos: avances de investigación en el valle de Tepalcatepec, Michoacán*. En:

Memorias del III Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. Morelia y Tepalcatepec, Michoacán. México. pp. 17-31

Solorio, S. F. J. 2005. Soil fertility and nutrient cycling in pure and mixed fodder bank systems using leguminous and non/leguminous shrubs. Tesis de Doctorado. Institute of Atmospheric and Environment Science. Edinburgh, Scotland. 200 p

Stewart, J.L. and Dunsdon, A.J. 1998. Preliminary evaluation of potential fodder quality in a range of *Leucaena* species. *Agroforestry Systems*, 40: 177-198.

XII. ANEXOS

Germinación de plántulas en vivero



Siembra en campo de las plántulas procedentes de vivero



Establecimiento de las parcelas experimentales



Medición de altura y diámetro de las plantas



Medición del área foliar en dos orientaciones (i.e. norte-sur y este-oeste)



Parcelas experimentales al final del periodo experimental

