

# **UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS  
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**



***Leucaena lanceolata* (Watson) ESPECIE  
FORESTAL NATIVA, CON POTENCIAL PARA SER  
INTRODUCIDA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES.**

## **TESIS**

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

**PRESENTA:  
LUIS ANTONIO MARTÍNEZ ROSAS**

**ZAPOPAN, JALISCO. NOVIEMBRE DE 2005**



**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**  
**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS**  
**BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO**  
**COMITE DE TITULACION**

**M.C. SALVADOR MENA MUNGUIA**  
**DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS**  
**PRESENTE**

Con toda atención nos permitimos hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobada la modalidad de titulación TESIS E INFORMES, opción , TESIS, con el título:

**" *Leucaena lanceolata* (Watson) ESPECIE FORESTAL NATIVA, CON POTENCIAL PARA SER INTRODUCIDA EN SISTEMAS SILVOPASTORILES"**

**El cual fue presentado por él (los) pasante(s):**

**LUIS ANTONIO MARTÍNEZ ROSAS**

El Comité de Titulación, designó como director y asesores, respectivamente, a los profesores:

<b>DRA. MARÍA LEONOR ROMÁN MIRANDA</b>	<b>DIRECTOR</b>
<b>M.C. ANTONIO MORA SANTACRUZ</b>	<b>ASESOR</b>
<b>M.C. ADRIANA NATIVIDAD AVENDAÑO LÓPEZ</b>	<b>ASESOR</b>

Una vez concluido el trabajo de titulación, el Comité de Titulación designó como sinodales a los profesores:

<b>DR. AGUSTIN GALLEGOS RODRIGUEZ</b>	<b>PRESIDENTE</b>
<b>M.C. JOSÉ PABLO TORRES MORÁN</b>	<b>SECRETARIO</b>
<b>M.C. PATRICIA ZARAZUA VILLASEÑOR</b>	<b>VOCAL</b>

Se hace constar que se han cumplido los requisitos que establece la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara, en lo referente a la titulación, así como el Reglamento del Comité de Titulación.

**ATENTAMENTE**  
**"PIENSA Y TRABAJA"**

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 15 de noviembre de 2005.

---

**M.C. SALVADOR GONZÁLEZ LUNA**  
**PRESIDENTE DEL COMITE DE TITULACIÓN**

---

  
**DRA. MARÍA LUISA GARCÍA SAHAGÚN**  
**SECRETARIO DEL COMITE DE TITULACIÓN**

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios.**

Por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente y poder contribuir al desarrollo de mi país.

### **A mis padres.**

Antonio y Maria Iduvina por la fe, el sacrificio y el apoyo que en todo momento me brindaron por difícil que fue en mi vida.

### **A mi Universidad de Guadalajara.**

Al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias donde tuve la oportunidad de compartir experiencias y conocimientos con maestros y compañeros.

### **A mi director**

Dra. Maria Leonor Román Miranda

### **A mi asesores.**

MC. Antonio Mora Santacruz

MC. Adriana Avendaño

### **A mis amigos.**

Con quienes he compartido parte de mi vida y que me apoyaron en mi formación: Sra. Carmen Herrera Diana de Grossi, Lic. Claudia Grossi Herrera, Maria Guadalupe Pérez Gómez y Dr. José Huerta Ruiz.

Además a mis amigos de la Universidad: Maria Isabel Vargas Campos, Ignacio Avendaño, Ing. Juan Chávez, Ing. Miguel Palomino, Ing. José Aceves Montaña.

### **A PROMEP.**

Por el apoyo al proyecto mediante el oficio (103.5/03/1140).

## INDICE

	Pág.
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<i>i</i>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<i>ii</i>
<b>RESUMEN</b>	<i>iii</i>
<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo general	3
1.2 Objetivos específicos	3
1.3 Hipótesis	3
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
2.1 Los árboles y su utilidad	4
2.2 Sistemas agroforestales	5
2.2.1 Sistemas silvopastoriles (SSP)	6
2.2.2 Clasificación de los sistemas silvopastoriles	7
2.2.2.1 Pastoreo en plantaciones	7
2.2.2.2 Cortinas rompevientos	8
2.2.2.3 Árboles y arbustos en potreros	8
2.2.2.4 Banco de proteínas	8
2.2.2.5 Cultivo de forrajes en callejones de leguminosas arbóreas	9
2.2.2.6 Cercos vivos	9
2.3 Árboles multipropósitos	10
2.4 Las leguminosas en sistemas silvopastoriles	11
2.5 Genero <i>Leucaena</i>	12
2.5.1 <i>Leucaena</i> en la historia	14
2.5.2 Usos de <i>Leucaena</i> en sistemas silvopastoriles	16
2.6 <i>L. lanceolata</i> como alternativa para ser introducida en sistemas silvopastoriles	17
2.6.1 Descripción botánica	18
2.6.2 <i>Leucaena lanceolata</i> en la producción animal	20
2.7 Importancia de las semillas arbóreas	21

2.7.1	Escarificación de semillas leguminosas	21
2.7.1.1	Métodos físicos	22
2.7.1.2	Métodos mecánicos	23
2.7.1.3	Métodos químicos	23
2.7.1.4	Disolventes orgánicos	24
2.8	El suelo en el desarrollo de las plantas	24
2.8.1	El pH en el suelo	25
2.8.2	Materia orgánica	26
2.8.3	Textura	26
2.8.4	Estructura	27
2.8.5	Nutrientes	27
2.8.6	Micronutrientes	30
2.8.7	El agua y sus funciones	30
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y METODOS</b>	<b>31</b>
3.1	Características agroclimáticas del área de estudio	31
3.2	Metodología	31
3.3	Diseños estadísticos utilizados	37
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>39</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSION</b>	<b>48</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>51</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>52</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>60</b>

## LISTA DE CUADROS

	CONTENIDO	Pág.
1	Principales usos de <i>Leucaena</i> por los indígenas de México y América Central (Adaptada de Hughes, 1993; citado por Argel et al., 1998).	15
2	Sitios de distribución de <i>L. lanceolata</i> en el estado de Jalisco.	18
3	Elementos esenciales para la mayoría de las plantas superiores.	28
4	Análisis de los tres tipos de suelos utilizados en el experimento (resultados de laboratorio).	35
5	Distribución al azar de las macetas, en el invernadero.	38
6	Porcentaje de germinación de semillas de <i>Leucaena lanceolata</i> bajo diferentes métodos de escarificación (25 semillas por repetición).	40
7	Valores promedios de los Indicadores de crecimiento de 10 plántulas seleccionadas al azar por tratamiento.	46

## LISTA DE FIGURAS

	CONTENIDO	Pág.
1	Altura de plántulas de <i>Leucaena lanceolata</i> en los tres tratamientos.	42
2	Número de folíolos de <i>Leucaena lanceolata</i> en los tres tratamientos.	43
3	Comportamiento del diámetro de las plántulas diámetro de <i>Leucaena lanceolata</i> en los tres tratamientos.	44
4	Comportamiento del pH con el potenciómetro portátil (Milwaukee), en los tres tratamientos.	47

## RESUMEN

*Leucaena lanceolata* (Watson) es una especie nativa multipropósito que puede ser introducida en sistemas agroforestales, sin embargo se desconoce su manejo y aspectos agronómicos, por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar la germinación con diferentes métodos de escarificación, así como su desarrollo inicial en tres suelos con pH ácidos. El estudio se llevó a cabo en el laboratorio de semillas y área del invernadero del CUCBA, Universidad de Guadalajara. Se realizó una prueba de escarificación con métodos físicos y el testigo: T<sub>1</sub> (inmersión agua a 80 °C durante 3/min.), T<sub>2</sub> (inmersión agua común a temperatura ambiente por 24 /hras), T<sub>3</sub> (choque térmico que consistió en sumergir la semilla en agua a una temperatura 80 °C por 3 min., y 3 minutos en agua helada y se dejó remojar en agua común por 24 horas) y Testigo (semilla sin ningún tratamiento). Se aplicó el método de escarificación T<sub>1</sub>, obteniendo plántulas en invernadero, para el transplantarlas en macetas llenadas con 3 suelos diferentes: T<sub>1</sub> (suelo con pH, 6.57), T<sub>2</sub> (suelo con pH, 4.68) y T<sub>3</sub> (suelo con pH, 5.46), con características físicas y químicas muy similares, con tres repeticiones y 30 observaciones por cada uno de los tratamientos, las variables a evaluar fueron: altura de la planta, diámetro y número de folíolos, así también se seleccionaron al azar 10 plántulas de cada uno de los tratamientos para monitorear el pH en estas plantas. Se evaluó también materia seca total (MSt) y número de nódulos. Los resultados nos indicaron que la escarificación aumentó con respecto al método físico utilizado, obteniendo el mejor resultado el T<sub>3</sub> con 79% seguido del T<sub>1</sub> con 77% sin diferencia estadística entre ambos, y para los tratamientos T<sub>2</sub> y Testigo T<sub>4</sub> que obtuvieron un 27% de germinación, de igual forma sin presentar diferencia significativa, prueba de Tukey (P<0.05). En la segunda prueba sobre el desarrollo inicial de las plántulas en diferentes suelos, se observó que en las variables de altura, diámetro y número de folíolos sometidos a una regresión por mínimos cuadrados ponderados, el mejor tratamiento fue para el T<sub>1</sub>, en todas las variables, obteniendo en la comparación de medias en la última evaluación (215 días) que no hubo diferencia significativa en la variable altura entre T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub>, pero sí en las variable diámetro y número de folíolos respecto al T<sub>1</sub> con los demás tratamientos prueba de Tukey (P<0.05). Las otras variables evaluadas fueron producción de materia seca total (MSt) y número de nódulos, presentando los mejores valores T<sub>1</sub> respecto a los otros tratamientos. Se concluye que es necesaria la escarificación de la semilla para lograr mejores porcentajes de germinación, siendo los tratamientos de temperatura a 80 °C los que presentan los mejores resultados. En cuanto al, mejor desarrollo de la plántula se observó para el T<sub>1</sub>, siendo este tipo de suelo el menos ácido con un pH inicial (6.57), influyendo también en la formación de nódulos así mismo en la producción de materia seca.

## 1. INTRODUCCIÓN.

La necesidad de producir alimentos para una población en constante incremento, ha ocasionado que grandes áreas de bosques y selvas se eliminen y se pierda la biodiversidad en los diferentes ecosistemas. Dentro de estas asociaciones existen especies arbóreas y arbustivas con potencial para contribuir a la economía de productores del medio rural, principalmente del trópico seco; al respecto Niembro, (1986), mencionó que debido a los numerosos productos y beneficios que proporcionan los árboles y arbustos éstos representan un patrimonio importante para todos los habitantes de la tierra.

Las especies arbóreas y arbustivas son importantes, debido a que son fuente de forraje para el ganado y fauna silvestre, principalmente durante la época seca; además, sirven de refugio para aves y especies menores, así como protegen al ganado de los rayos solares; asimismo proporcionan hojas, tallos tiernos, flores y frutos, que son un recurso valioso de alimento para animales en agostaderos. Por lo cual la utilización de árboles leguminosos y no leguminosos, son una alternativa que cumple con el objetivo de incrementar la producción y/o la productividad, así como la utilización de recursos nativos (Palma *et al.*, 2000).

Los usos de las leguminosas son muy variados, desde ser fuente directa de alimento para el hombre, hasta contribuir en forma indirecta con otros beneficios como: mejoramiento del suelo, producción de néctar y polen para la industria apícola, usos maderables, medicinales, así como fuente rica en proteína para rumiantes y no rumiantes (Pérez-Guerrero, 1979; Ruiz y Febles, 1987; Parrotta, 1992; Román, 1997).

El empleo de las leguminosas forrajeras para la alimentación animal en los trópicos se ha visto reducido, debido principalmente a la falta de conocimiento y a la insuficiencia de incentivos económicos. Sin embargo, los avances logrados en el mejoramiento de variedades y el establecimiento de adecuadas prácticas agronómicas y de ordenación son alentadores y merece que se preste consideración a los forrajes basados en leguminosas (Skerman *et al.*, 1991). Además, la asociación de leguminosas y gramíneas es un pilar preponderante de los sistemas sustentables de la producción ganadera al mejorar, en el caso de las primeras, la fertilidad de los suelos (Melgar y Díaz, 1997).

Una de las leguminosas más utilizadas en sistemas silvopastoriles es la *Leucaena leucocephala* "guaje", árbol multipropósito ampliamente investigado. Sin embargo, la realidad es que a pesar de los resultados positivos de las investigaciones que demuestran el potencial de la *Leucaena* para mejorar los diferentes sistemas de producción silvopastoriles, su uso es limitado, ya que existen factores que restringen su adopción, como es su lento crecimiento cuando se establece en suelos con pH por debajo de 5.5, así también como su limitación para adaptarse a altitudes mayores de 1,200 msnm y suelos con problemas de drenaje. Otro aspecto negativo es su susceptibilidad al ataque del Psílido (*Heteropsylla cubana*) que causa defoliación severa (Argel *et al.*, 1998).

Por lo anterior, es necesario proponer alternativas utilizando especies nativas en sistemas silvopastoriles, como apoyo para la alimentación de la ganadería en las explotaciones pecuarias. Dentro de esas especies se encuentra *Leucaena lanceolata* que se usa tradicionalmente en los agostaderos; sin embargo, se desconocen algunos aspectos agronómicos para su manejo, como germinación y desarrollo en diferentes condiciones edafoclimáticas.

La importancia de realizar esta investigación sobre el "guaje" *Leucaena lanceolata* es para conocer algunas características agronómicas y de manejo para integrarla a los sistemas silvopastoriles como una opción de fuente de

alimento para el ganado del trópico seco y tener un aprovechamiento integral de la especie, con el objeto de reducir costos en la producción pecuaria y contribuir a elevar el nivel de vida de productores del medio rural.

### **1.1 Objetivo general.**

Contribuir al conocimiento de aspectos agroforestales de *Leucaena lanceolata* como una opción para ser introducida a sistemas silvopastoriles en el trópico seco.

### **1.2 Objetivos específicos.**

- Determinar el porcentaje de germinación de semillas de *Leucaena lanceolata* sometida a tratamientos físicos de escarificación.
- Evaluar el efecto del desarrollo inicial y producción de nódulos de plántulas de *Leucaena lanceolata* en tres diferentes tipos de suelos.

### **1.3 Hipótesis.**

- La escarificación de semillas de *Leucaena lanceolata* incrementa el porcentaje de germinación.
- El desarrollo inicial de las plántulas de *Leucaena lanceolata* se ve afectado al crecer en suelos con pH ácidos.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA.

El deterioro de la capacidad productiva de los suelos se debe en gran parte a la deforestación y al uso inapropiado de los recursos naturales; esos problemas surgen principalmente por la demanda de uso de la tierra para el establecimiento de cultivos básicos para una población en constante incremento. El problema se agrava con la deforestación de áreas frágiles y de fuertes pendientes que inducen a la pérdida de la cubierta vegetal, baja productividad y erosión del suelo. Otra consecuencia que causa la deforestación es la eliminación de especies de árboles y otras plantas valiosas desde el punto de vista medicinal; también malograr recursos genéticos, pues son eliminadas especies o variedades que podrían resultar importantes para el mejoramiento de especies existentes. Asimismo, una tasa elevada de deforestación puede ocasionar escasez de leña que es la principal fuente de energía en el medio rural.

### 2.1 Los árboles y su utilidad.

Los árboles, componentes importantes de los bosques, constituyen un elemento indispensable en el reciclaje del agua, oxígeno, carbono y nitrógeno. El agua de lluvia que cae sobre la tierra cubierta de bosques tiende a humedecer el suelo y permanece ahí sin correr, con lo cual se reduce la erosión y las inundaciones, filtrándose lentamente bajo tierra para formar pozos y vertientes (Eckholm, 1997).

Los beneficios que proporcionan los árboles en los sistemas agroforestales son de gran importancia, principalmente para el ganado al proveer un forraje nutritivo, rico en proteína durante los periodos secos, cuando escasea el alimento, los árboles continúan produciendo forraje fresco durante todo el año, además de proporcionar un ambiente favorable como sombra, protegiendo al

ganado de los rayos solares en las zonas tropicales (Skerman *et al.*, 1991; Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Uno de los principales beneficios que aportan las leguminosas arbóreas a los cultivos acompañantes, es mejorar su calidad nutritiva y el incremento en la producción por la fijación biológica del nitrógeno por medio de microorganismos (bacterias) en los nódulos de la raíz (Krishnamurthy y Ávila, 1999; Melgar y Díaz, 1997); las leguminosas arbustivas tienen además otros usos alternativos, tales como fuente de leña para uso doméstico y como barreras vivas y rompevientos o para controlar la erosión en zonas de ladera (CIPAV, 1999).

## **2.2 Sistemas agroforestales.**

Una adecuada utilización de los recursos naturales, con un equilibrio entre factores biofísicos, ambientales y socioculturales lo constituyen los sistemas agroforestales definidos como "la combinación infinita en tiempo y espacio de especies de árboles con cultivos y animales o ambos". En dichos sistemas el aprovechamiento se realiza en los diferentes estratos de una manera integral y sustentable, manejando en forma técnica la biodiversidad que existe en los ecosistemas, los factores importantes incluidos en la distinción son los componentes de producción, arreglo en el espacio (horizontal y vertical), arreglo en el tiempo (simultáneo y secuencial) régimen de manejo y función productiva ó de servicio (Budowski, 1977; Manidool, 1984; Nair, 1993; Krishnamurthy y Ávila, 1999).

En los sistemas agroforestales existen tres conjuntos básicos de elementos o componentes que deben ser manejados: los árboles o perennes leñosos, herbáceas (cultivos agrícolas que incluyen especies de pasturas) y animales (Nair, 1993; Krishnamurthy y Ávila, 1999). Esto responde a las condiciones generales de un sistema agropecuario, en donde los componentes son árboles, cultivos y animales.

Al respecto, Razo, (2001) señala que los factores ecológicos determinan el tipo de sistema agroforestal de un área específica, pero la complejidad del sistema y el grado de intensidad de su manejo están en proporción directa a la densidad de la población y a la fertilidad del suelo.

Varios autores entre ellos Nair, (1993); Razo, (2001); Krishnamurthy y Ávila, (1999) coinciden en el arreglo de los componentes estructurales de los sistemas agroforestales, definidos como:

- Sistemas agrisilvícolas (árboles y cultivos agrícolas).
- Sistemas silvopastoriles (árboles y animales).
- Agrosilvopastoriles (árboles, animales y cultivos agrícolas).

### **2.2.1 Sistemas silvopastoriles (SSP).**

Los sistemas silvopastoriles son una modalidad de los sistemas agroforestales, una manera de cultivos múltiples, donde existe una interacción con árboles y animales en una misma unidad de área o superficie y bajo un manejo integral (Pezo e Ibrahim, 1999). Asimismo, los sistemas silvopastoriles se definen como usos racionales de la tierra en el espacio y el tiempo (CIPAV, 2004).

De la misma forma, Manidool (1984) indicó que el término de SSP considera un grupo de técnicas que integran ganadería, pastos y árboles buscando un mismo beneficio por unidad de área.

Los sistemas silvopastoriles tienen importancia por el aporte de bases técnicas en el manejo de la alimentación animal y proporcionan una visión integral y sostenible de la actividad pecuaria y de su entorno ecológico y socioeconómico. Las interacciones entre los árboles y los animales pueden ser directas o a través del suelo y los pastos. Entre las interacciones directas destaca la protección contra el viento, heladas y radiación solar que tienen los árboles y/o arbustos, en los animales; el mejoramiento de los suelos; y sobre el

aporte de nutrientes que proporcionan estas especies en la dieta de los animales, mediante la producción de materia seca comestible como follaje, frutos, flores, hojarasca e incluso la corteza (Krishnamurthy y Ávila, 1999; CIPAV, 2004).

## **2.2.2 Clasificación de los sistemas silvopastoriles.**

La combinación de leñosas perennes con pasturas y/o animales se presenta en formas muy diversas, lo que genera diferentes tipos de sistemas silvopastoriles, siendo parte de la cultura de los países en zonas tropicales (Pezo e Ibrahim, 1999).

Dentro de los sistemas silvopastoriles más comunes descritos por, Nair, (1993); Razo, (2001) y Krishnamurthy y Ávila, (1999) se encuentran: pastoreo en plantaciones, cortinas rompevientos, árboles y arbustos en potreros, banco de proteína, cultivo de forrajes en callejones de leguminosas arbóreas y cercos vivos.

### **2.2.2.1 Pastoreo en plantaciones.**

Este tipo de sistema se refiere al pastoreo de animales en plantaciones de árboles maderables y frutales, el principal producto que genera mayor ingreso es el obtenido por las especies arbóreas. Este sistema silvopastoril es una práctica común en los climas templados, ayuda a regular la competencia producida por las malezas, es decir, mantiene libre de hierbas a los árboles y disminuye la competencia en el consumo de agua y minerales. Para la especie arbórea esta tecnología reduce los costos de mantenimiento por mano de obra y uso de agroquímicos, además se aprovecha la cubierta herbácea como forraje para la producción de productos de origen animal como carne y leche (Krishnamurthy *et al.*, 2003).

Al respecto, Pezo e Ibrahim (1999) indicaron que en los sistemas de plantaciones manejados bajo pastoreo, el producto derivado de la leñosa es

generalmente la fuente principal de ingreso o al menos el objetivo primario del sistema.

#### **2.2.2.2 Cortinas rompevientos.**

El viento es un elemento que afecta tanto el bienestar de los animales como la calidad de los forrajes y puede producir enfermedades como neumonías y deshidratar a las plantas. El establecimiento de especies arbóreas en hileras colocadas estratégicamente para la protección de las corrientes de viento en las áreas de pastoreo de animales, agostaderos o potreros, proporciona bienestar y ayuda a mitigar el efecto adverso sobre los animales y las pasturas. Adicionalmente, el sistema silvopastoril de cortinas rompevientos contribuye al control de la erosión del suelo y funciona como cerca viva, además de proveer forraje a los animales y otros usos para el productor (Krishnamurthy *et al.*, 2003; Nair, 1993).

#### **2.2.2.3 Árboles y arbustos en potreros.**

Esta tecnología silvopastoril puede darse de manera natural, donde las especies arbóreas y/o arbustivas están dispersas o en bosquetes en las unidades de producción animal, establecidas por el hombre. Lo anterior, es con la finalidad de aportar bienes y servicios en apoyo de la ganadería, tales como madera para postes vivos y la construcción de áreas de manejo y guarnición; así como sombra, fijación de nitrógeno y materia orgánica para el suelo y forraje de buena calidad para la alimentación de los animales, de preferencia en la época de baja producción de las pasturas, que es durante la época seca (Krishnamurthy *et al.*, 2003).

#### **2.2.2.4 Banco de proteínas.**

Milera, (1992), (citado por Román, 2004) define a un banco de proteína como la utilización de un 20 a 30% del área total disponible en un rancho ganadero, ocupada por leguminosas puras o asociadas con gramíneas, donde

las leguminosas constituyen la principal fuente de proteína en la explotación ganadera.

Nair, (1993) caracteriza esta práctica agroforestal como la producción de forraje del árbol, rico en proteína (principalmente árbol forrajero leguminoso) utilizado en fincas/llanuras en producción de forraje de corte y/o acarreo, para la alimentación de bovinos, búfalos, cabras, ovejas, equinos, aves y en ocasiones para la alimentación de peces y gusano de seda (CIPAV, 2004). Asimismo Krishnamurthy *et al.*, (2003) señalaron la importancia de los bancos de proteína que son establecidos en áreas de cultivos de árboles y/o arbustos forrajeros colocados en bloques compactos y en alta densidad, para incrementar la producción de materia seca de buena calidad nutritiva, para alimentar a los animales, preferentemente en época seca o de estiaje.

#### **2.2.2.5 Cultivo de forrajes en callejones de leguminosas arbóreas.**

El cultivo de forrajes en callejones es un sistema silvopastoril, que comprende el establecimiento en bandas o hileras de árboles perennes, de preferencia leguminosas de rápido crecimiento, con cultivos de forrajes anuales (gramíneas) o de otros forrajes herbáceos anuales, sembrados en el espacio intermedio (Nair, 1993).

El cultivo de forrajes con árboles en callejones, es una tecnología de producción animal sostenible, que permite el pastoreo, en donde los animales pueden consumir el follaje de los árboles o el forraje de las especies herbáceas. En estos sistemas, regularmente los árboles pueden podarse periódica y parcialmente para obtener forraje suplementario y alimentar a los animales (Krishnamurthy *et al.*, 2003; Krishnamurthy y Ávila, 1999).

#### **2.2.2.6 Cercos vivos.**

Los cercos vivos son los sistemas silvopastoriles más difundidas en México, debido al aporte objetivo y pragmático que hace a la actividad ganadera

y a la conservación de los recursos naturales y al ambiente, delimitando los potreros y las propiedades, por ello es una práctica difundida principalmente en zonas tropicales (Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Por su parte Krishnamurthy *et al.*, (2003) señalaron la importancia de los cercos vivos, en el manejo de los hatos ganaderos. Además, los cercos vivos constituyen un mecanismo que reduce la presión sobre el bosque, para la obtención de postes y leña que permite multiplicar la ampliación de los cercos vivos mediante la producción de estacas para postes. Por otro lado, los árboles forrajeros utilizados como cercas vivas, son usualmente propagados por estacas largas para evitar que el ganado alcance a comer los primeros rebrotes (CIPAV, 2004).

### **2.3 Árboles multipropósitos.**

Muchas especies tropicales y subtropicales de tipo arbóreo tienen usos diversos, por lo que se les denominan árboles multipropósitos. Estos son elementos fundamentales para el desarrollo sostenible de los sistemas de producción animal, los cuales deben reunir características de adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas (Román *et al.*, 2004).

Un árbol de usos múltiples es una especie perenne, leñosa, cultivada deliberadamente para proveer más de una contribución importante a la producción o servicio (por ejemplo, protección, sombra, sustentabilidad de la tierra) del sistema del sitio que él ocupa (Burley y von Carlowitz, 1984, citado por Krishnamurthy y Ávila, 1999).

Los árboles utilizados en este sistema proveen gran variedad de usos, lo que aumenta las posibilidades de diversos productos que generan mayores ingresos económicos y con lo cual mejora la calidad de vida del productor rural (Razo, 2001). Asimismo, Palma *et al.*, (2000), señalaron que la diversidad de funciones que aportan los árboles leguminosos, dentro de los sistemas

productivos del trópico, son una alternativa tecnológica para la alimentación de rumiantes.

#### **2.4 Las leguminosas en los sistemas silvopastoriles.**

La incorporación de las leguminosas a las praderas tiene como objetivo principal aumentar la producción ganadera ya que un forraje de alta calidad es una mejor fuente nutritiva para el ganado, ya que en general el valor nutritivo de las leguminosas es relativamente alto, y debido a que viven en simbiosis con bacterias que fijan el nitrógeno, pueden mantenerlo en altas concentraciones sobre todo en el forraje maduro (Skerman *et al.*, 1991).

Las leguminosas constituyen una de las familias más extensas del reino vegetal; son el tercer grupo de plantas con flor, con más de 18,000 especies en 650 géneros; la mayoría de sus componentes han sido utilizadas desde la antigüedad hasta nuestros días, ya sea en forma directa, o indirecta, aprovechando los múltiples usos que de ellas se obtiene (Gutteridge y Shelton, 1994).

Entre las principales características de las leguminosas son: su elevado contenido de proteína, además de la presencia de carbohidratos, fibra, minerales (calcio, fósforo, hierro, potasio, etc.) y su riqueza en vitaminas (complejo B, retinol), así como la presencia de compuestos lipídicos (Chongo y Galindo, 1995 y Whiteman, 1976 citados por Román, 1997).

Por otra parte, otra característica muy importante es la asociación que se produce entre ciertas bacterias del género *Rhizobium* y las leguminosas, donde las bacterias viven en simbiosis en las raíces ya sea naturalmente o por inoculación artificial, formando nódulos, donde se produce la fijación del N<sub>2</sub> atmosférico. Por esta asociación, las plantas pueden autoabastecerse de nitrógeno, aportar nitrógeno a otros cultivos asociados (praderas mixtas de

gramíneas y leguminosas) y dejar nitrógeno en el suelo que será aprovechado por cultivos posteriores en un sistema de rotación (Honorato, 2000).

Asimismo, la fijación simbiótica de nitrógeno es el resultado de un delicado balance sobre una planta superior y una bacteria específica. Las condiciones óptimas para esta fijación son: buena estructura del suelo (aireado), no deficiencia de molibdeno y boro, pequeñas cantidades de nitrógeno combinado en el suelo, presencia de un número suficiente de capas de *Rhizobium* específicos y condiciones favorables para el desarrollo de la planta (clima, tecnología agrícola, variedades adaptables, ausencia de enfermedades (FAO, 1995).

La familia *Leguminosae* (Fabaceae) se divide en tres grupos o subfamilias: *Mimosoideae*, *Caesalpinioideae* y *Papilionoideae* que son considerados por algunos botánicos como familias (*Mimosaceae*, *Caesalpinaceae* y *Papilionaceae*) del orden botánico de *leguminosae* (Bogdan, 1997).

La familia *Mimosaceae* ó subfamilia está constituida por árboles y arbustos y rara vez por hierbas. Está representada por 40 géneros y cerca de 2000 especies ampliamente distribuidas en regiones tropicales y subtropicales; algunas se trasladan a lugares de clima templado, desértico y semidesértico. Dentro de esta subfamilia se encuentra el género *Leucaena* utilizado en diferentes sistemas agroforestales (Niembro, 1989; Skerman *et al.*, 1991).

## 2.5 Género *Leucaena*.

El género *Leucaena*, de la familia *Leguminosae* y subfamilia *Mimosoidae*, es originario de México y Centroamérica. Aún cuando 51 especies han sido reportadas, estudios de herbario y de campo sugieren que éste se puede agrupar en 10 de validez irrefutable, nueve de las cuales son nativas de México (*Leucaena leucocephala*, *L. diversifolia*, *L. esculenta*, *L. macrophylla*, *L. pulverulenta*, *L. lanceolata*, *L. retusa*, *L. shannoni* y *L. collinsii*) y una originaria de

Centro y Sudamérica (*L. trichodes*). En 1978 fueron reconocidas en México las especies (*L. cuspidata* Standley y *L. greggii* Watson) (Brewbaker, 1978; citado por Pérez - Guerrero, 1979). Pero recientemente el género *Leucaena* Benth, incluye alrededor de 50 especies que se presentan casi exclusivamente en América Tropical, descrito por Bogdan, (1997).

En investigaciones más recientes Hughes, (1998) indica que el género *Leucaena* comprende 22 especies, seis taxas todas las especies son nativas del Nuevo Mundo, aunque una de estas, *Leucaena leucocephala*, ha sido naturalizada y establecida en muchas áreas, la mayor diversidad de especies se encuentra en México (17 especies, 10 endémicas) y en el norte de Centroamérica (9 especies, 4 endémicas), el género se extiende hacia el norte de México y Sur de Texas (EE.UU.), esporádicamente a través del Caribe hacia América del Sur, llegando hasta Perú.

Todas las especies de *Leucaena* son árboles de pequeños a grandes, que crecen principalmente en bosques tropicales deciduos, estacionalmente secos y en menor grado en bosques semiáridos en chaparrales espinosos, matorrales de altura media y secos, y en zonas subtropicales y templadas (Hughes, 1998).

El género *Leucaena* comprende más de 800 variedades conocidas (Brewbaker, 1980; Huttton y Gray, 1956; citados por Parrotta, 1992), clasificadas de manera general en tres tipos descritos a continuación: (National Academy of Sciences, 1984 citado por Parrotta, 1992).

- Tipo común: incluye variedades pequeñas y arbustivas que crecen hasta 5 m de alto. Este tipo, originalmente de las áreas costeras de México, se ha esparcido ampliamente a través de los trópicos, convirtiéndose en un colonizador agresivo en muchas áreas.
- Tipo gigante: incluye las variedades altas que crecen a una altura de 20 m, con hojas, vainas y semillas de mayor tamaño; troncos más grandes y menos ramificados. Originalmente de los bosques del interior en la

América Central y México, estas variedades han sido objeto de estudio sólo desde el inicio de la década de 1960. Un número de cultivares del tipo Salvador, de rendimiento extremadamente alto, conocidos como “gigantes hawaianos” y designados como K8, K28, K67, K636, etc., actualmente se plantan para la obtención de madera, para diferentes usos y leña a nivel mundial.

- Tipo “Perú”: incluye variedades de árboles de tamaño mediano que crecen hasta los 10 m de altura. Estas variedades se ramifican extensamente, a menudo la ramificación inicia cerca del tronco, y producen abundante forraje cuando se podan con frecuencia.

### **2.5.1 *Leucaena* en la historia.**

La *Leucaena* o huaje ha tenido relación y trascendencia histórica en la vida de algunas de las antiguas culturas mexicanas. La cita mas antigua donde se hace referencia al huaje aparece en el código Mendoza y se relaciona con la fundación de la ciudad de Oaxaca, México, que ocurrió entre 1440 a 1469 años d.C. durante el reinado de Moctezuma Ilhuicamina, cuando una guarnición de guerreros mexicas se posesionó del lugar talando un extenso bosque de huajes que existía en el sitio donde se estableció la ciudad, actualmente denominada Oaxaca, que es una alteración del nombre nahoá “Huaxyacac”, que significa: en la nariz de los huajes (etimología: huaxin – huaje, yacatl- nariz, punta o extremidad y c de ca-en). “Huaxyacac” es un nombre ideográfico, representado por un jeroglífico que muestra una cara de perfil con un huaje en la punta de la nariz (Bradomín, 1955, 1972; citado por Pérez -Guerrero, 1979).

Dado que sus vainas son comestibles, durante siglos, los indígenas del trópico americano han utilizado la especie *Leucaena* como fuente de alimento. Se utiliza también como forraje para animales domésticos, como estacas para construcción, como leña y como sombra en plantaciones permanentes (Argel *et al.*, 1998). Además su uso nativo ha implicado un proceso complejo de

domesticación incipiente que ha resultado en una extensa simpatría artificial que ha facilitado la hibridación espontánea (Hughes, 1998).

Se ha reportado que cinco *taxas* son utilizados por grupos indígenas de México, a saber, *Leucaena lanceolata*, *L. confertiflora* Sub. *adentheloidea*, *L. esculenta* Sub. *paniculada*, *L. esculenta* Sub. *esculenta*, *L. leucocephala* Sub. *leucocephala* y *leucocephala* Sub. *glabrata*. (Casas y Caballero, 1996 citado por Argel et al., 1998). Pero Hughes, (1998) señaló que las especies más ampliamente cultivadas en México por los pueblos indígenas son *Leucaena esculenta* subs. *esculenta* y *L. leucocephala* sub. *glabrata*, como se muestra en el cuadro 1.

**Cuadro 1.** Principales usos de *Leucaena* por los indígenas de México y América Central (Adaptada de Hughes, 1993 citado por Argel et al, 1998).

Especie	Uso Principal
<i>L. collinsii</i> subs. <i>collinsii</i>	Leña, cercado, madera de construcción consumo de vainas tiernas
subs. <i>zacapana</i>	
<i>L. confertiflora</i>	Vainas tiernas como alimento
<i>L. cuspidata</i>	Vainas tiernas como alimento
<i>L. diversifolia</i>	Árbol de sombra, forraje para animales domésticos, madera para construcción
<i>L. gregii</i>	Leña, forraje para cabras
<i>L. lanceolata</i>	Leña (preferida a la <i>L. leucocephala</i> ), forraje para cerdos
<i>L. leuc. subsp. leucocephala</i> Subs. <i>glabrata</i>	Vainas tiernas como alimento (durante milenios) forraje para ganado, abono verde, leña madera para construcción
<i>L. macrophylla</i>	Vainas tiernas como alimento
<i>L. multicapitulata</i>	Madera de construcción, leña
<i>L. pulverulenta</i>	Leña, madera para construcción, sombra
<i>L. salvadorensis</i>	Leña, postes de cerca, cercado vivo
<i>L. shannonii</i>	Alto valor como forraje de ovejas, leña y postes para cercas
<i>L. trichodes</i>	Leña, forraje de ganado –principalmente cabras; es tóxico para equinos

Datos etnobotánicos y arqueológicos indican que el uso nativo como alimento es muy generalizado en una amplia zona geográfica y que comprende por lo menos 13 especies, que han sido utilizadas como alimento durante los últimos 7000 años (Hughes, 1998). No obstante su calidad nutritiva y su amplia importancia económica, la taxonomía del género es aún imprecisa; la revisión taxonómica más reciente y completa de la *Leucaena* es la efectuada por Britton y Rose, (1928); Hughes, (1993), (citados Argel *et al.*, 1998).

### **2.5.2 Usos de *Leucaena* en sistemas silvopastoriles.**

La especie *Leucaena leucocephala*, es ampliamente difundida y distribuida en zonas tropicales y subtropicales por lo que se describe la importancia trascendental en los sistemas silvopastoriles (Guizar y Sánchez, 1991).

La *Leucaena leucocephala* presenta un gran potencial para ser usada en una gran variedad de sistemas de producción, como por ejemplo en pasturas a base de *Leucaena* (Faria-Mármol y Morillo, 1997, citado por Argel *et al.*, 1998) ó en actividades de cultivo, como sombra en cultivos perennes, para control de la erosión, como setos al pie de colinas, o como paja, así también como abono verde, para madera, leña y postes para cercas (Brewbaker y Sorensson, 1997; Hughes, 1998).

En agroforestería, el cultivo de *Leucaena* puede ser combinado con otros alimentos y residuos de cosechas que pueden ser utilizados como forraje para animales de engorda. El árbol algunas veces es plantado en pastizales para proveer sombra a los animales, particularmente en los sitios donde comen y beben agua (National Research Council, 1984).

La *Leucaena* se usa en muchas partes de los trópicos como árbol de sombra en plantaciones de cacao, café, té, vainilla y otras siembras de enredadera, así como en plantaciones de coco, hule y teca. Se cultiva en muchas áreas en setos densos y en inter cultivos con maíz y otros cultivos

alimenticios (Dassanayake, 1980; Joshi, 1983; National Academy of Sciences, 1984; Newton y Tomas, 1983; Van den Beldt, 1885; citados por Parrotta, 1992).

Además se ha comprobado la capacidad de *Leucaena*, cuando se cultiva bajo las palmas de cocos o se combina con otros tipos de árboles, que dejan pasar una considerable cantidad de luz. En este caso la *Leucaena* debe mantenerse baja de altura con podas constantes, etc., ya sea para que la consuman los animales con pastoreo directo o se coseche como forraje verde para animales (National Research Council, 1984).

Brewbaker y Sorensson, (1997) indicaron que *Leucaena leucocephala* y más recientemente otras especies de *Leucaena* han sido promovidas e introducidas como cultivo por institutos de desarrollo nacionales e internacionales en todos los trópicos como especies exóticas de rápido crecimiento para la reforestación.

Los pequeños agricultores de Nicaragua también usan la *L. leucocephala* como rompevientos plantada junto con Tecota y *Eucalyptus camaldulensis*, para ofrecer una mejor superficie foliar para el control del aire (CATIE, 1986).

## **2.6 *Leucaena lanceolata* como alternativa para ser introducida en sistemas silvopastoriles.**

El "guajillo" *Leucaena lanceolata* S. Watson es una especie nativa del bosque tropical subcaducifolio, que crece en diferentes tipos de vegetación y diversas condiciones edafoclimáticas, además de presentar características agronómicas deseables entre las cuales destacan su utilización de leña y el consumo de follaje y frutos por el ganado en pastoreo, principalmente en la época de estiaje con un alto valor nutritivo para el ganado y aceptable digestibilidad entre otros. Por lo anterior esta especie representa una alternativa importante para ser introducida en los sistemas silvopastoriles, principalmente en el trópico seco. Además es una planta de fácil propagación por semilla,

aunque se regenera también vegetativamente, dado que tolera fuertes podas, y su capacidad en ambientes adversos lo hace una planta con grandes perspectivas de utilización.

*Leucaena lanceolata* ha sido colectada y reportada en los siguientes lugares de Jalisco, como se muestra en el (Cuadro 2), consulta de ejemplares del herbario en el Instituto de Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG).

**Cuadro 2.** Sitios de distribución de *L. lanceolata* en el estado de Jalisco.

Localidades	Tipo de vegetación	Altitud
Chamela, Jal.	Manglar	2.5 m.s.n.m
Estero el Salado Puerto Vallarta, Jal.	Manglar	
Autlan, Jal.	Bosque tropical Caducifolio perturbado	800 – 900 m.s.n.m
San Marcos y Tonila, Jalisco	Orillas de arroyos	1455 m.s.n.m
Barranca la Ciénega, Toliman Jal.	Bosque tropical Caducifolio	900 m.s.n.m
Corral de Piedra, Casimiro Castillo, Jal.	Bosque tropical sub caducifolio	540 m.s.n.m
La carretera a Puerto Vallarta, Jal. cerca de Mesilla Navarro	C/Palmar	
Cuixmala, El mirador cerca de la Huerta Jal.	Bosque tropical caducifolio	120 m.s.n.m

Datos obtenidos del herbario del Departamento De Botánica de la Universidad de Guadalajara (IBUG).

### 2.6.1 Descripción botánica.

Nombre científico: *Leucaena lanceolata* S. Watson.

Nombre común: (guajillo)

Familia: Leguminosae

**Árbol** de 5-15 (-29) m. alto, 20-50 cm. de diámetro; **corteza** rugosa gris – café más oscura con fisuras verticales superficiales color café – naranja, frecuentemente con exudación de goma; **corteza interior** color crema o salmón pálido, **ramas** angulares con corana angosta abierta. **Estípites** 4 – 4.3 mm de largo, lanceolados estriados con alas asimétricas en la base, venas centrales prominentes, deciduo temprano. **Hojas** (10 - ) 15 – 20 (- 35) cm. de largo con nectario convexo de amarillo – verdoso a verde, sésil, redondeado, elíptico en forma de domo o de cono trunco, de 2.5 – 3.5 x 1.5 – 2 mm.; **foliolos** de hoja pinnada 2 – 5 pares; raquis pinular 4.5 – 9 cm. de largo, anguladas, puberulentas o lisas, con dos sectarios cónicos 6 pares por pinula, 16 – 70 mm. de largo, 8 – 35 mm. de ancho, venación primaria y secundaria visible en foliolos secos. **Cabezuelas** (15 - ) 20 – 40 mm. de diámetro en antesis en fascículos de 1 – 2 (- 3) en axilas de hojas, cada cabezuela con (250 - ) 300 – 450 flores; **pedúnculos** 8 – 15 mm. de largo, angulosos, lisos o pubescentes con un involucro de brácteas unidas en la base de la punta distal. **Flores** de aroma dulce, encerrados en la axia por brácteas abroqueladas 3.9 – 4.1 mm. de largo, libres, lisos de color verde blancuzco pálido; **filamentos** 7.1 – 9.9 mm de largo, en dos distintos rangos, blancos o cremas; **anteras** pilosas, color crema; **ovario** 2.4 – 2.6 mm de largo liso, crema, con 18 – 20 óvulos; **estilo** 7 – 8.4 mm de largo, color crema con estigma tubular estrecho; **fruto**, una vaina que pueden de 1 – 6 por cabezuela 10 – 30 (- 37) mm. de largo, 13 – 32 mm de ancho, colgante con estípites, de oblongo a lineal-oblongo, agudas, obtusas o redondeadas en el ápice, estrechamente plano o comprimido, 13 – 18 semillas; **semillas** de 6.3 - 11.1 mm de largo, 3.8 – 8.7 mm de ancho, comprimido de forma circular a ovoide, color café castaño oscuro, brillante, alineados transversalmente en vainas (Mc Vaugh, 1987; Hughes, 1998).

**Ecología y distribución.** Mc Vaugh, (1987); reporta la ecología de *L. laceolata* encontrada en laderas, arroyos, a lo largo de corrientes, bosque espinoso o bosque tropical deciduo, asociada comúnmente con *Cordia*, *Cassia*, *Caesalpinia*, *Lysiloma*, e *Ipomoea arborescente*, se localiza desde 5 m a nivel de

mar hasta 200 m de altitud, en las tierras bajas del Pacífico o en colinas al pie de las montañas hasta 500-800 m; asimismo, como se observó anteriormente en el cuadro (Cuadro 2), se ha colectado en altitudes de hasta 1455 m., la floración es de septiembre a octubre, producción de fruto a partir de noviembre a enero y en algunos casos hasta marzo. Estudios mas recientes realizados por Hughes, (1998) indicaron que la *Leucaena lanceolata* es una especie sumamente variable, que se extiende principalmente a lo largo de la costa del Pacífico de México, desde Sonora hasta Chiapas, con alguna ocurrencia fuera de estos límites en Baja California y Veracruz.

**Usos.** Dentro de los beneficios reportados en la literatura, para *L. lanceolata* está su aprovechamiento como leña y alimento para cerdos principalmente (Britton y Rose, 1928 y Hughes, 1998, citado por Argel *et al.*, 1998).

### **2.6.2 *Leucaena lanceolata* en la producción animal.**

Existen pocos estudios sobre el uso de *L. lanceolata* en la producción animal, dentro de las investigaciones, se puede citar a Mc Vaugh, (1987) quien señaló que existe una sola especie de amplio rango en las tierras bajas costeras, la cual comienza a ser difundida e investigada.

Resultados presentados por Román *et al.*, (2004) indicaron que esta especie reúne características importantes para ser utilizada en la alimentación animal con ventajas entre otras especies arbóreas forrajeras leguminosas, como son su amplia aceptación por el ganado en pastoreo, el cual consume el follaje así como frutos maduros y tiernos, su facilidad en el rebrote después del corte o ramoneo, así como su excelente calidad nutritiva tanto del follaje como la vaina con valores de proteína cruda en base a materia seca de 29.05% y 23.90% respectivamente.

## **2.7 Importancia de las semillas arbóreas.**

Las semillas de los árboles y arbustos constituyen una de las formas más importantes de germosplasma primario, ya que a partir de ellas se lleva a cabo la regeneración natural o artificial de los bosques. Gracias a la capacidad para formar una nueva planta, las semillas de muchas especies son utilizadas para el establecimiento de plantaciones comerciales en diferentes partes del mundo, las cuales suministran madera, celulosa, forrajes, tintes, esencias, grasas, ceras, aceites, alimentos, fármacos, etc. y forman parte importante de la dieta de numerosas especies de animales incluyendo al hombre ( Niembro, 1986).

### **2.7.1 Escarificación de semillas leguminosas.**

Las semillas de las leguminosas arbóreas generalmente presentan con mucha frecuencia, una latencia o letargo en condiciones naturales, esta latencia, tiene como propósito asegurar la supervivencia de las especies bajo condiciones desfavorables para el desarrollo de las plántulas (Skerman *et al.*, 1991). Esta restricción causa irregularidad en la germinación provocando retardo en el establecimiento y utilización de pasturas, además de favorecer la incidencia de malezas (Catalan, 1991; Bornner, 1993).

Las causas más comunes de latencia son la presencia de altos niveles de inhibidores del crecimiento que bloquean las sustancias estimulantes y la presencia de una cutícula o cubierta seminal dura e impermeable al agua y al oxígeno (Eguiarte *et al.*, 1988; Ruiz y Febles, 1987; Salisbury y Ross, 1994; Poulsen y Stubsgaard, 2000). El peso de esta cubierta representa aproximadamente el 50% del total de la semilla (Eguiarte *et al.*, 1988).

Por otra parte, Catalan (1991) indicó que una de las causas que puede ocasionar el letargo, se debe a condiciones internas del embrión o de las sustancias de reserva que hay en el interior de la semilla, que imposibilitan la germinación. Para vencer el letargo debido a la cubierta, se han aplicado métodos de escarificación. Salisbury y Ross, (1994) definieron la escarificación

como la ruptura de la barrera de recubrimiento seminal. Sanabria *et al.*, (1997), señalaron el beneficio de la escarificación, ya que con ella se disminuye la latencia y se acelera la germinación, independientemente del método utilizado.

Se han usado varias técnicas de escarificación que han demostrado su efectividad, los métodos recomendados para escarificar semillas con testa dura son físicos, químicos y mecánicos. Sin embargo, estos métodos no siempre son satisfactorios y en ocasiones se hace necesario la utilización de uno o más métodos para incrementar la germinación (Poulsen y Stubsgaard, 2000).

#### **2.7.1.1 Métodos físicos.**

Agua caliente. Este tratamiento esteriliza la superficie de las semillas. La temperatura y duración del tratamiento son los factores que determinan su efecto sobre la impermeabilidad y viabilidad de las mismas. Por mencionar los mas importantes de este tratamiento son la inmersión larga y corta (Camacho, 1994).

- Inmersión larga. EL agua se calienta en un recipiente hasta alcanzar su ebullición, se retira del fuego y se sumergen las semillas a tratar, las cuales permanecen en el agua el tiempo que ésta tarde en enfriarse. El volumen del agua deberá ser entre 4 y 10 veces mayor que el de las semillas a tratar.
- Inmersión corta. Las semillas se sumergen en agua dentro de una canastilla o un saco de malla a temperatura constante, lo que permite un buen control de la temperatura y de la duración del tratamiento, por lo que los resultados pueden ser satisfactorios.

Calentamiento en seco. Consiste en incrementar la temperatura de las semillas durante cierto tiempo, colocándolas sobre una plancha térmica o dentro de un horno (Camacho, 1994).

Escaldado. Inmersión de semillas en agua a punto de ebullición aproximadamente 82 °C, seguida de una inmersión en agua helada de manera que provoque un choque térmico. Después se dejan las semillas en agua a temperatura ambiente durante 24 horas.

Congelamiento. Consiste en someter las semillas a temperaturas por debajo de los 0 °C (generalmente en seco). El congelamiento se consigue con aparatos de refrigeración o con inmersiones en gases licuados que llegan a alcanzar temperaturas por debajo de -180 °C. Es preferible hacer varias inmersiones en los gases licuados, que hacer una sola de uno o cinco minutos; las semillas pueden permanecer mucho más tiempo dentro de éstos, sin que su viabilidad peligre. Este tratamiento se ha estudiado poco, quizá por que no es fácil de aplicar en lotes grandes (Camacho, 1994).

#### **2.7.1.2 Métodos mecánicos.**

Escarificación mecánica. Consiste en raspar, lijar, quebrar o perforar las cubiertas de las semillas, ya sea manualmente o con aparatos, parte del tegumento de la semilla en la zona alejada de la radícula. También se puede escarificar mediante frotamiento mecánico en una superficie rugosa (Camacho, 1994; Moreno, 1996). Este procedimiento se ha empleado con muy buenos resultados en las especies de leguminosas (Catalan, 1991).

#### **2.7.1.3 Métodos químicos.**

Tratamiento con ácido. Uno de los tratamientos usados corrientemente para romper la impermeabilidad de la cubierta de las semillas, es sumergiendo éstas en ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$  con una pureza de 90/91%; densidad de 1,82) para ablandar la capa dura de la semilla, facilitando la absorción de agua. El tiempo de inmersión varía por especies y lotes; a continuación se lavan las semillas en un chorro abundante de agua durante 5 - 10 minutos, para eliminar todos los restos del ácido. El manejo del ácido sulfúrico puede ser muy peligroso

si no se acatan las medidas mínimas de seguridad personal (Camacho, 1994; Catalan, 1991).

#### **2.7.1.4 Disolventes orgánicos.**

Con la inmersión de las semillas en sustancias como la acetona, el metanol, el etanol y el xileno, entre otras; generalmente se obtienen resultados muy variables (Camacho, 1994).

### **2.8 El suelo en el desarrollo de las plantas.**

El suelo se considera como un complejo dinámico, de tres fases, caracterizado por una atmósfera interna, una economía particular del agua, una flora y fauna determinada y elementos minerales. Sus propiedades se adquieren progresivamente bajo la acción combinada de los factores ambientales, de modo que nace y evoluciona y la roca madre se meteoriza bajo la influencia del clima y la vegetación. El medio biológico fabrica una materia orgánica o humus de propiedades bien determinadas que se incorporan al suelo y finalmente se establecen relaciones más o menos íntimas entre los minerales de alteración provenientes de la roca y el humus fabricado por la biosfera. Como producto de esta evolución nace un medio equilibrado, estable, dotado de propiedades físicas, químicas y biológicas bien definidas, que confieren al suelo su individualidad (Honorato, 2000). El edafólogo R. Dokuchaev, demostró que los suelos no se distribuyen al azar sino que se desarrollan en un patrón sobre el terreno, además estableció los cinco factores que originan la formación de los suelos: materia original, clima, organismos, topografía y tiempo (Fitzpatrick, 1996).

El suelo es un cuerpo de material bastante heterogéneo, cuya composición varía de un sitio a otro, lo cual da origen al establecimiento de sistemas de clasificación que permiten agrupar por homogeneidad en cada unidad del sistema (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

La parte mineral de los suelos se deriva del material madre o de los fragmentos depositados. Esta es la fuente principal de los nutrientes propios del suelo tales como fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y azufre (S). El suministro potencial de estos elementos nutritivos varía, de acuerdo con el origen, la clase y el tamaño de las partículas minerales (Graetz, 2000).

### **2.8.1 El pH en el suelo.**

La reacción del suelo se mide por la actividad de los iones hidrógeno, la cual se expresa en términos de pH. El pH es el logaritmo negativo de la actividad de los iones hidrógeno. El pH del suelo es uno de los parámetros más usados en el análisis de los suelos por reflejar características fundamentales del mismo (Rodríguez y Rodríguez, 2002).

Salisbury y Ross, (1994) indicaron que el pH es igual al valor absoluto de concentración de iones hidrógeno, expresado como exponente negativo de 10. La neutralidad se expresa por un pH = 7; una disminución en el pH por debajo de 7 indica un aumento en la acidez, mientras que incrementos por arriba de 7 indica un aumento en la alcalinidad.

El intervalo de pH va de 0 a 14, pero el más común en los suelos va de 4.5 a 9.0; algunos suelos con gran cantidad de sodio intercambiable pueden presentar un pH de hasta un poco más de 9.0. En general, el intervalo de 5.8 a 7.5 se considera como el más deseable o menos problemático para la mayoría de los cultivos. Por debajo de 5.5 es muy probable que existan problemas de toxicidad por aluminio y/o manganeso en algunos cultivos, mientras que por arriba de 7.5 generalmente se reduce la disponibilidad de fósforo y todos los micronutrientes a excepción del molibdeno (Rodríguez y Rodríguez, 2002). El pH es un factor de gran importancia para el desarrollo de las plantas, tomando en cuenta dentro de la escala de pH los dos factores más importantes son la materia orgánica y el tipo y la cantidad de cationes (Fitzpatrick, 1996).

### **2.8.2 Materia orgánica.**

El contenido de materia orgánica del suelo es un buen indicador de su fertilidad, principalmente de su capacidad potencial para proporcionar nutrimentos como nitrógeno, fósforo, azufre, etc. (Rodríguez y Rodríguez, 2002). Por otra parte, la materia orgánica del suelo representa una acumulación de plantas frescas, de vegetales parcial o completamente descompuestos y de residuos animales. Su contenido es inestable por acción de los microorganismos del suelo. Por lo tanto, se debe mantener constante el contenido de materia orgánica (Graetz, 2000; Porta *et al.*, 1999; Honorato, 2000).

La materia orgánica descompuesta, bien mezclada con el material mineral en los horizontes superficiales, constituye el humus. Se define como el producto de la descomposición vegetal y de la síntesis microbiana (Fitzpatrick, 1996). La fracción coloidal humificada afecta las propiedades físicas y fisicoquímicas de los suelos, tales como porosidad, retención de agua y capacidad de intercambio catiónico entre otras (Honorato, 2000).

### **2.8.3 Textura.**

La textura del suelo se refiere a la proporción relativa de partículas, clasificadas por su tamaño en arena, limo y arcilla, específicamente la textura se basa en la cantidad de partículas menores de 2 mm de diámetro (Graetz, 2000; Honorato, 2000).

Porta *et al.*, (1999) mencionaron que el contenido de arena, limo y arcilla, en ciertas proporciones, determinan el tipo de suelo. Graetz, (2000) indicó que las combinaciones entre partículas forman los suelos más comunes, clasificados en suelos francos, considerados intermedios los siguientes:

- Suelos arenosos: (5% de arcilla, 5% de limo y 90% de arena) retienen poca humedad y tienden a secarse, tienen poca habilidad para retener los nutrientes, poseen por naturaleza baja fertilidad, tienen alta porosidad y

una rápida percolación. Es necesario aplicar en forma frecuente materiales orgánicos y nutrientes inorgánicos y se trabajan con facilidad.

- Suelos francos y francos limosos: Francos (20% de arcilla, 40% de limo y 40% de arena). Francos limosos. (15% de arcilla, 20% de arena y 65% de limo), poseen buena penetración y retienen bien el agua y los nutrientes, su fertilidad natural va de media a alta, se pierde poca agua y nutrientes por lixiviación. Los mejores suelos agrícolas quedan dentro de este rango.
- Suelos franco – arcillosos (40% de arcilla, 30% de arena y 30% de limo) tienen poca penetración de agua, retienen grandes cantidades de humedad, parte de la cual no está disponible para la planta, la pérdida de nutrientes por percolación en estos suelos es muy reducida, carece de poros grandes y contiene poco aire, sus principales problemas son el apelmazamiento, la formación de costras, el drenaje y la labranza, para prevenir el desplazamiento del suelo y la formación de terrones grandes, se aplica cal y materia orgánica.

#### **2.8.4 Estructura.**

La estructura del suelo corresponde a la forma en que se agrupan las partículas elementales (arena, limo y arcilla) en agregados, es uno de los primeros procesos que ocurre en el suelo, junto con la incorporación de materia orgánica y que distingue a este del material geológico, estos agregados tienen propiedades diferentes de las de una masa igual de partículas elementales sin agregación. Las unidades estructurales se distinguen por estar separadas entre sí, por los espacios porosos. Este tipo de asociaciones puede asumir diferentes modalidades, lo que da por resultado las distintas estructuras del suelo (Honorato, 2000).

#### **2.8.5 Nutrientes.**

Para mantener un crecimiento sano de la planta, es necesario que el suelo posea un amplio rango de nutrientes. Las plantas absorben los elementos nutritivos en ciertas proporciones. Es importante que los nutrientes se

mantengan balanceados en el suelo, para satisfacer las necesidades individuales de las plantas (Graetz, 2000). De acuerdo con Fitzpatrick, (1996) se considera que son 17 los nutrientes que las plantas necesitan para su desarrollo, como se muestra en el Cuadro 3.

**Cuadro 3.** Elementos esenciales para la mayoría de las plantas superiores.

Macroelementos	Nutrientes secundarios	Microelementos
Carbono (C)	Calcio (Ca)	Manganeso (Mn)
Hidrogeno (H)	Magnesio (Mg)	Cobre (Cu)
Oxigeno(O)	Azufre (S)	Zinc (Zn)
Nitrógeno(N)		Hierro(Fe)
Fósforo (P)		Molibdeno (Mo)
Potasio (K)		Boro (B)
		Cloro (Cl)
		Cobalto (Co)

Carbono, hidrógeno y oxígeno: son los constituyentes más importantes de los tejidos de las plantas y se derivan de la atmósfera y agua (Muñoz, 1983; Fitzpatrick, 1996).

Nitrógeno, fósforo y potasio. El nitrógeno es fácilmente soluble al agua del suelo y es solo parcialmente retenido por las partículas de éste. Se pierde fácilmente por lixiviación. El nitrógeno alimenta a los microorganismos y favorece la descomposición de la materia orgánica fresca (Graetz, 2000).

EL nitrógeno le da el color verde sano a las plantas. Favorece un crecimiento rápido y aumenta la producción, además forma la proteína en cultivos alimenticios y forrajeros (Fitzpatrick, 1996; Graetz, 2000).

El fósforo reacciona rápidamente con otros elementos químicos del suelo, por lo cual se forman componentes menos solubles. Por lo tanto, sólo reducidas

proporciones quedan disponibles a la planta. Este proceso se llama fijación. El fosfato no se pierde por lixiviación (Graetz, 2000).

El Fósforo estimula la formación y crecimiento temprano de las raíces, favoreciendo un arranque vigoroso y rápido de la planta. Estimula la floración, acelera la madurez y ayuda a la formación de la semilla, mejora así mismo la resistencia contra el efecto de las bajas temperaturas en invierno (Muñoz, 1983).

Potasio. Las partículas del suelo lo retienen con facilidad. La pérdida de potasio por lixiviación es menor en todos los suelos, con excepción a los arenosos. Este nutriente aumenta el vigor de las plantas y su resistencia a las enfermedades, mejora la resistencia a los efectos de temperaturas frías, mejora el llenado de los granos y semillas, mantiene el desarrollo de raíces y los tubérculos. Es esencial para la formación y transferencia de los almidones, azúcares y aceites, también regula el consumo de agua en las plantas (Graetz, 2000).

Calcio, magnesio y azufre: El calcio promueve la descomposición de la materia orgánica y la liberación de nutrientes, además mejora la estructura del suelo y la retención del agua; sin embargo, un exceso provoca una deficiencia de potasio, fósforo, magnesio, zinc y hierro. El calcio tiene una influencia sobre la reacción del suelo (Graetz, 2000).

El comportamiento del magnesio es similar al del calcio, es parcialmente soluble al agua, y por esto susceptible a la lixiviación. El magnesio favorece la formación de azúcares en los cultivos, además es activo en los procesos enzimáticos y forma parte de la clorofila (Fitzpatrick, 1996; Graetz, 2000).

El azufre llega al suelo desde el aire, en la lluvia y el agua de riego y en la materia orgánica, ayuda a la liberación de los nutrientes en el caso de un alto

contenido de calcio en el suelo, porque baja el pH, y promueve la formación de los nódulos en las raíces de leguminosas (Graetz, 2000).

#### **2.8.6 Micronutrientes.**

Estos nutrientes se requieren sólo en cantidades pequeñas y muy limitadas, no obstante, la deficiencia de uno o más de éstos, puede tener mucha influencia sobre el rendimiento y desarrollo de los cultivos (Graetz, 2000). La propiedad característica de la mayoría de estos elementos, es la toxicidad, ya que en dosis no muy altas se llega a efectos tóxicos que evidencian claramente las plantas (Muñoz, 1983).

#### **2.8.7 El agua y sus funciones.**

El agua se infiltra en el suelo a través de los macroporos, para ser retenida en parte en los microporos y el resto percola a través del perfil hacia estratos más profundos o hasta niveles freáticos. Por otra parte, el agua disuelve y transporta nutrientes, sales solubles y contaminantes y hace posible su absorción por las raíces, influyendo en la producción vegetal (Honorato, 2000; Porta *et al.*, 1999).

Las bases fisiológicas de la producción vegetal radican, en gran medida, en los procesos de fotosíntesis y transpiración de las plantas, además el transporte de nutrientes en el proceso de absorción por parte de las raíces, permite el intercambio gaseoso necesario, para la producción de biomasa vegetal. Parte del agua que ingresa en el perfil de un suelo, queda retenida contra el efecto de la gravedad, en una cantidad que depende de las propiedades físicas de los suelos, principalmente textura, estructura y porosidad (Honorato, 2000).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS.

#### 3.1 Características agroclimáticas del área de estudio.

El estudio se realizó en el laboratorio de semillas y en el invernadero del departamento de producción agrícola del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara, el cual se localiza en el predio Las Agujas Nextipac, Zapopan, Jalisco, en las coordenadas 20° 43' latitud norte y 103°23' longitud oeste, a una altitud de 1650 msnm. El clima con una temperatura media anual de 18 °C, los suelos de esta región son de pH ligeramente ácidos, de textura franco arenosa (García, 1973).

Uno de los aspectos a considerar para propagar especies nativas, es la viabilidad o poder germinativo de la semilla, por lo cual la semilla de *Leucaena lanceolata* se colectó en su hábitat en un área de la costa de Jalisco municipio de Tomatlán, con las siguientes coordenadas 19° 55' N y 105° 06' W. En una altitud de 200 m. El tipo de vegetación es selva mediana subcaducifolia. Se encuentra dentro del clima cálido subhúmedo con lluvias en verano Aw<sub>1</sub> (w), con precipitación pluvial de 1,000 a 1,500 mm. al año y temperatura media anual de 26.9 °C (INEGI, 2001).

#### 3.2 Metodología.

##### Prueba preliminar de germinación.

Dadas las características que presentan las leguminosas con testa dura que impiden su germinación y con el fin de conocer el poder germinativo de las semillas, se realizó una prueba preliminar la cual consistió en tomar al azar 25 semillas colocadas entre dos toallas de papel germinador humedecido, colocado dentro de una cámara de germinación a una temperatura constante de 25 °C durante 7 días, (humedeciendo el papel cada 2 días). Después de este período

se contabilizaron las semillas germinadas, aquellas que se imbibieron y presentaron desarrollo de radícula.

Esta prueba permitió conocer el porcentaje de germinación de la semilla sin tratamiento; posteriormente y con base a los resultados obtenidos en ésta prueba, la semilla se sometió a escarificación física para incrementar su porcentaje de germinación.

#### **Prueba de escarificación.**

Se realizó utilizando tres métodos o tratamientos de escarificación física.

Tratamiento 1. Inmersión en agua a una temperatura de 80 °C durante 3 minutos (está temperatura se logra, cuando el agua empieza a formar las primeras burbujas en el fondo del recipiente). Las semillas se colocaron en una coladera para luego introducirse durante 3 minutos en el recipiente de agua caliente a una temperatura de 80 °C.

Tratamiento 2. Imbibición en agua común a temperatura ambiente por 24 horas de remojo.

Tratamiento 3. Choque térmico que consistió en sumergir la semilla en agua a una temperatura de aproximadamente 82 °C durante 3 minutos, y posteriormente sumergirla en agua helada durante 3 minutos provocando un choque térmico con el fin de provocar fisuras en la testa de la semilla; finalmente se dejaron en remojo en agua común a temperatura ambiente durante 24 horas.

Tratamiento 4. (Testigo), la semilla no fue sometida a ningún tratamiento.

Los tratamientos  $T_2$  y  $T_3$ , se realizaron 24 horas antes, de manera que coincidieran en tiempo con el  $T_1$  y el testigo. Además los tratamientos

anteriormente señalados se eligieron por su fácil aplicación y porque no generan ningún riesgo para el productor.

Después que las semillas fueron sometidas a los tratamientos de escarificación, éstas se colocaron en toallas de papel germinador húmedo y posteriormente dentro de una cámara de germinación a temperatura constante de 25 °C.

Para las pruebas de escarificación se utilizaron 100 semillas al azar para cada uno de los tratamientos, dividido en 4 repeticiones de 25 semillas para cada uno ISTA, (1993). Posteriormente se evaluó el porcentaje de germinación para cada tratamiento.

#### **Determinación del número de semillas de *L. lanceolata* en un Kg.**

Con el fin de conocer la cantidad de semillas por kilogramo y conforme a las reglas de ISTA, (1993) se realizó un conteo con 8 repeticiones de 100 semillas puras tomadas al azar; cada repetición fue pesada individualmente y se realizaron los cálculos respectivos para obtener el número de semillas por kilogramo.

#### **Desarrollo de las plántulas en el invernadero.**

La segunda etapa del experimento se realizó en invernadero, donde se evaluó el desarrollo inicial de las plántulas de *Leucaena lanceolata*, en el período de octubre del 2004 a mayo del 2005.

Con los resultados de la prueba de escarificación se utilizó el mejor método para tratar la semilla y obtener las plántulas para el siguiente experimento. Las semillas fueron sembradas en charolas germinadoras de poliestireno de 72 cavidades y diámetro de 44 mm. con una profundidad de 60 mm. y un volumen aproximado de 55 cc.; como sustrato se utilizó turba de musgo esfagnico (peat moss) y vermiculita en proporciones 50:50; se colocaron en el invernadero para

su germinación durante un periodo de 30 días. En total se obtuvieron 144 plántulas para el experimento.

### **Características de los suelos empleados en el experimento.**

Con base a la información obtenida en la literatura, sobre las limitaciones en el establecimiento de *Leucaena leucocephala* en los sistemas silvopastoriles, respecto a su susceptibilidad en pH ácidos, el interés por esta investigación para la *Leucaena lanceolata*, se optó en probar esta especie en suelos que presentaran diferentes niveles de acidez, por lo que se utilizaron tres suelos que reunieran dichas características, siendo estos colectados en zonas aledañas al CUCBA, del municipio de Zapopan. Asimismo se realizaron análisis de suelos previos a su utilización, en el laboratorio de agrología del CUCBA de la Universidad de Guadalajara, con los componentes presentados en el Cuadro 4.

### **Clasificación de los suelos empleados.**

Según clasificación FAO, (1985) en orden de abundancia las unidades de suelo que constituyen el Municipio de Zapopan son: Regosol, Feozem, Fluvisol, Litosol, Luvisol, con proceso de formación *in situ* coluvial y aluvial. El nivel de fertilidad de estas unidades es muy variable, dado que el contenido de arcillas, materia orgánica y humedad cambian según el lugar donde se ubiquen.

Regosol (Del griego: Rhegos; manto o cobija (Símbolo R): se presenta en el 80% de la zona y son considerados suelos con desarrollo incipiente y una fertilidad de baja a moderada; presentan una alta proporción de arenas pomáceas aportadas por la Primavera, permitiendo la retención de la humedad. Exhiben colores claros por el material de origen y su bajo contenido de materia orgánica; son muy susceptibles a la erosión por la baja capacidad que tienen estos materiales para formar agregados (Curiel, 1989).

Feozem (Del griego: Phaeozem): Se manifiesta en una superficie del 12%, y su composición y características son similares a la unidad anterior, con la diferencia de un mayor contenido de materia orgánica y capacidad de retención

de humedad. Su color es mas oscuro y se encuentra en los valles y mesetas al sur del Municipio (Curiel, 1989). Son suelos con capa superficial oscura suave y rica en materia orgánica y nutrimentos, por lo que se consideran suelos fértiles: se pueden encontrar en zonas semiáridas, templadas o tropicales; en condiciones naturales tienen cualquier tipo de vegetación (FAO, 1985).

**Cuadro 4.** Análisis de los tres tipos de suelos utilizados en el experimento (resultados de laboratorio).

Indicadores	Suelo 1	Suelo 2	Suelo 3	Método analítico
<b>Clasificación</b>	<b>Regosol</b>	<b>Feozem</b>	<b>Regosol</b>	
<b>pH</b>	6.57	4.68	5.46	Potenciómetro
<b>Textura</b>				
Arena %	60.60	67.60	67.60	Bouyoucos
Arcilla %	15.20	10.20	10.20	
Limo %	24.20	22.20	22.20	
Clasificación Textural	Fa	Fa	Fa	
<b>Materia orgánica (%)</b>	1.83	6.48	6.15	Walkley-Black
<b>C.I.C meq/100grs</b>	12.86	22.60	16.54	Acetato de amonio
<b>Cationes intercambiables</b>	4.32	4.32	4.32	Volumetría
<b>Ca + Mg Meq/100 g</b>	3.13	1.96	2.71	Volumetría
<b>Ca Meq/100 g</b>	1.20	2.37	1.61	Calculado
<b>Mg Meq/100 g</b>				
<b>N-nítrico ppm</b>	20	3	10	Morgan
<b>N- amoniacal ppm</b>	12	80	12	Morgan
<b>Fósforo ppm</b>	25	12	25	Morgan
<b>Potasio ppm</b>	250	60	250	Morgan
<b>Calcio ppm</b>	1,200	500	900	Morgan
<b>Magnesio ppm</b>	125	25	125	Morgan
<b>Manganeso ppm</b>	2	25	5	Morgan

Fa= Franco arenoso

C.I.C= Capacidad de intercambio catiónico

Ca = Calcio; Mg = Magnesio; N= Nitrógeno

Dentro de este experimento se utilizaron 90 macetas de plástico con capacidad de 3 Kg. aproximadamente, las cuales fueron llenadas con el suelo respectivo. Cada tratamiento tuvo 3 repeticiones y cada repetición de 10 muestras, teniendo un total de 30 macetas para cada tratamiento.

Una vez trasplantadas las plántulas en las macetas, éstas se colocaron al azar en el invernadero para evaluar su desarrollo durante 7 meses. El riego se realizó 3 veces por semana a capacidad de campo, con agua común. El agua fue analizada, clasificada como buena, con un pH de 6.77 (análisis reportados por el laboratorio de diagnóstico agrícola). Las variables a evaluar fueron número de folíolos, diámetro de tallo al cuello de la raíz (mm.) y altura de la planta (cm.).

#### **Cuantificación de nódulos y peso de materia seca (MSt).**

Otras variables a medir fueron la producción de materia seca total (MSt) y el número de nódulos por tratamiento, para lo cual se utilizaron las 10 plantas seleccionadas al azar para el monitoreo del pH. Con la finalidad de no dañar la raíz de la planta, las macetas se introdujeron en un recipiente con agua, para ablandar el suelo y cuidadosamente se extrajo la planta entera desde la raíz. Posteriormente se realizaron las mediciones por separado de la parte aérea y la parte de la raíz, así como el peso fresco de ambas partes. Posteriormente se dejaron secar por 48 horas en una estufa a 50 °C obteniendo el peso seco por separado de la parte aérea y raíz. Asimismo se contó el número de nódulos en fresco en cada una de las plantas.

#### **Monitoreo del pH.**

Para monitorear el comportamiento del pH se tomaron al azar 10 plantas de cada tratamiento, donde se obtuvo el suelo para las lecturas. Se utilizaron 5 gr. de suelo seco (dejándolo secar a la intemperie) por cada plántula. Una vez secas las muestras de suelo se colocaron en un vaso de precipitado agregando 50 ml. de agua destilada y mezclado en forma uniforme dejándolos reposar

durante 30 minutos. Después de este periodo nuevamente se agitaron para tomar las lecturas con un microprocesador portátil (Tester. Milwaukee. Sharp) a partir del día 94 hasta los 215 días.

### **3.3 Diseños estadísticos utilizados.**

#### **Prueba de escarificación**

Se utilizó un diseño completamente al azar. Para la interpretación de los datos se empleó un análisis de varianza (ANVA), con el fin de determinar diferencia significativa entre tratamientos. Fue necesario transformar el porcentaje de germinación, utilizando la función Arco seno. Para la comparación de medias de los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ). Se evaluó mediante el paquete estadístico (Russell, 1991).

#### **Prueba de desarrollo de las plántulas en tres diferentes suelos.**

En esta prueba se utilizó también un diseño completamente al azar, las variables evaluadas se calcularon mediante un ajuste de datos en una regresión por mínimos cuadrados ponderados. Asimismo se realizó el análisis de varianza mediante el paquete estadístico con la función ANOVA con los últimos datos de las variables medidas, aplicando además la prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ) para la comparación de medias entre tratamientos.

Además se obtuvieron valores promedios para las 10 plantas seleccionadas al azar por tratamiento, para obtener los indicadores de crecimiento para los tres suelos utilizados.

Por ultimo los datos obtenidos en el monitoreo del pH se graficaron únicamente para conocer la tendencia durante el periodo de evaluación.

### Diseño experimental.

La distribución de los 3 tratamientos se hizo en un diseño completamente al azar, quedando 15 X 6 macetas, ordenadas de izquierda a derecha en cada fila, como se muestra en el (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Distribución al azar de las macetas en el invernadero.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
T I	T III	T I	T II	T II	T I	T I	T III	T III	T II	T I	T I	T II	T I	T III
R 3	R 2	R 3	R 1	R 3	R 3	R 3	R 2	R 1	R 2	R 2	R 2	R 1	R 1	R 2
M 26	M 20	M 23	M 2	M 28	M 25	M 30	M 13	M 2	M 20	M 15	M 11	M 6	M 1	M 14
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
T II	T I	T III	T III	T III	T III	T I	T II	T II	T II	T II	T I	T II	T I	T III
R 3	R 1	R 3	R 3	R 3	R 3	R 3	R 3	R 2	R 3	R 3	R 3	R 3	R 3	R 1
M 23	M 7	M 29	M 28	M 30	M 25	M 24	M 21	M 16	M 25	M 22	M 27	M 24	M 29	M 4
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45
T II	T I	T I	T I	T II	T II	T I	T III	T II	T III	T III	T II	T II	T III	T I
R 1	R 3	R 2	R 2	R 3	R 1	R 3	R 3	R 1	R 3	R 1	R 2	R 1	R 1	R 1
M 3	M 21	M 20	M 14	M 30	M 7	M 28	M 26	M 9	M 23	M 10	M 18	M 1	M 9	M 10
46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
T III	T II	T III	T II	T I	T II	T I	T II	T II	T II	T III	T II	T II	T I	T II
R 3	R 3	R 3	R 3	R 2	R 2	R 1	R 3	R 1	R 2	R 2	R 1	R 2	R 1	R 2
M 21	M 26	M 22	M 29	M 12	M 15	M 5	M 27	M 8	M 17	M 11	M 10	M 11	M 2	M 13
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75
T II	T I	T III	T I	T I	T III	T I	T III	T I	T II	T II	T III	T III	T III	T I
R 1	R 1	R 2	R 1	R 1	R 1	R 1	R 3	R 2	R 2	R 2	R 1	R 1	R 1	R 2
M 5	M 4	M 16	M 8	M 6	M 7	M 3	M 27	M 18	M 14	M 19	M 3	M 1	M 6	M 19
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
T III	T II	T III	T I	T III	T I	T III	T I	T III	T III	T II	T I	T III	T III	T I
R 2	R 1	R 2	R 3	R 1	R 2	R 2	R 2	R 2	R 1	R 2	R 2	R 2	R 3	R 1
M 12	M 4	M 18	M 22	M 8	M 16	M 19	M 17	M 15	M 5	M 12	M 13	M 17	M 24	M 9

T I= tratamiento 1; T II= tratamiento 2; T III= tratamiento 3

R 1= repetición 1; R 2= repetición 2; R 3= repetición 3

M= número de orden correspondiente al azar para cada maceta de izquierda a derecha

#### 4. RESULTADOS.

##### **Cantidad de semilla de *L. lanceolata* en un kilogramo**

Los cálculos para obtener el número de semillas por kilogramo fue el siguiente:

Fórmula:

El peso de 1000 semillas = suma de los pesos de las ocho repeticiones individuales x 1.25.

Procedimiento:

$$17.13 \times 1.25 = 21.41 \text{ gr.}$$

Donde:

$$\Sigma 1000 \text{ semillas} = 17.13 \text{ gr.}$$

$$1.25 = (\text{constante para semilla de testa dura})$$

Realizando una regla de tres se determino el número de semillas en 1kg.

Resultado:

$$1000 \text{ gr.} \div 21.41 \text{ gr.} = 46.70 \text{ gr.} \times 1000 \text{ semillas} = 46,707 \text{ semillas por 1 Kg. aproximadamente.}$$

##### **Prueba preliminar de germinación.**

Para esta prueba se utilizó una muestra de 25 semillas sembradas entre toallas de papel, incubando a una temperatura constante de 25 °C por 7 días, obteniendo un 24% de germinación (6 semillas), un pretratamiento considerado como bajo.

##### **Prueba de escarificación.**

La prueba de Tukey ( $P < 0.05$ ), (cuadro 6) mostró que los  $T_1$  y  $T_3$  presentaron los valores más altos (77% y 79%), respectivamente compartiendo similitud estadística, pero diferentes con respecto a los otros dos tratamientos que fueron los mas bajos presentando  $T_2$  y el testigo igual porcentaje de germinación (27%) sin diferencia estadística entre ellos.

**Cuadro 6.** Porcentaje de germinación de semillas de *Leucaena lanceolata* bajo diferentes métodos de escarificación (25 semillas por repetición).

Repetición	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Tratamiento 3	Tratamiento 4 (Testigo)
	Semillas germinadas	Semillas germinadas	Semillas germinadas	Semillas germinadas
R 1	20	4	22	8
R2	21	6	20	7
R3	17	8	21	5
R4	19	9	16	7
Promedio	19	7	20	7
<b>%Germinación</b>	<b>77% a</b>	<b>27% b</b>	<b>79% a</b>	<b>27% b</b>

a, b = Distinta literal en hileras significa diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) Prueba de Tukey.

#### Desarrollo inicial de plántulas.

Con los resultados obtenidos en las pruebas de escarificación se utilizó el método que presentó mayor porcentaje de germinación y de más fácil aplicación ( $T_1$ ) para realizar la prueba de desarrollo inicial de la plántula.

Las variables evaluadas con el análisis de regresión por el método de mínimos cuadrados ponderados para: altura de planta, diámetro del tallo y número de folíolos; las mediciones para número de folíolos y altura de planta se realizaron a los 38, 62, 94, 122, 147, 183 y 215 días posteriores al trasplante, mientras que la medición del diámetro se realizó a los 122, 147, 183, 215 días después del trasplante, esto se debió a el tamaño pequeño de las plántulas que impedía la medición del diámetro dentro de la maceta.

La selección de ponderación adecuada para el análisis de los datos obtenidos de cada una de las variables evaluadas (altura de planta, diámetro del

tallo y número de folíolos) bajo el método de regresión por mínimos cuadrados ponderados para cada uno de los tratamientos fue realizado en vista que las varianzas parecen estabilizarse cuando son divididas entre el cuadrado de la media, se consideró que el factor de ponderación consiste en dividir cada dato entre el cuadrado de su promedio. Por lo cual se utilizó la ecuación de regresión adecuada para cada uno de los tratamientos por la heterogeneidad de datos.

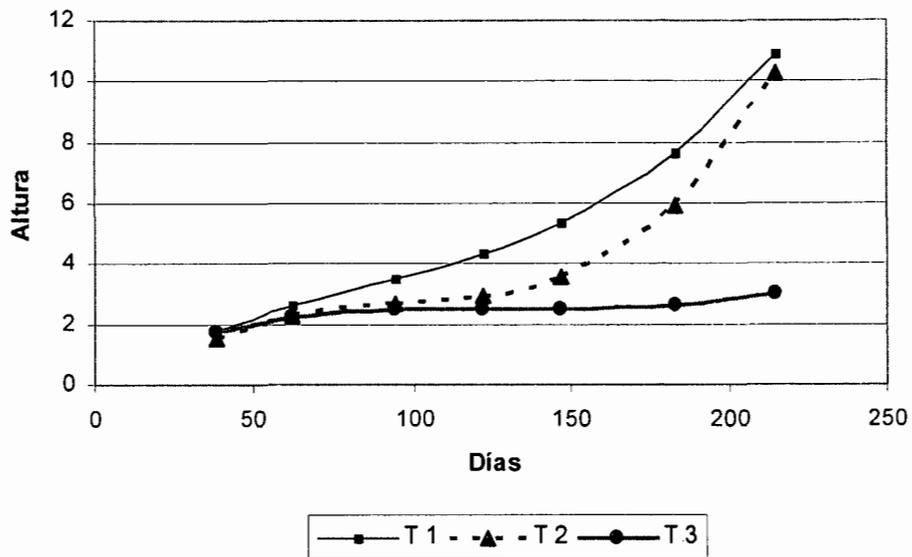
En la (Figura 1) se observa el comportamiento de la altura en los 3 tratamientos, presentando valores muy similares hasta los 100 días, a partir de este periodo se observa una mejor respuesta para el T<sub>1</sub> en las últimas evaluaciones, seguido de T<sub>2</sub> que a partir de los 180 días aproximadamente alcanzó una altura final muy similar al T<sub>1</sub>, siendo el T<sub>3</sub> el que se mantuvo con los valores más bajos hasta los 215 días evaluados.

#### **Ecuación de regresión ajustada para cada tratamiento en la variable altura.**

$$\begin{aligned} T_1 = \text{Altura} &= -0.286 + 0.0717 \text{ días} - 0.000521 \text{ días}^2 + 0.000002 \text{ días}^3 \\ S &= 0.275356 \quad R\text{-Sq} = 73.0\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 72.6\% \\ P &< 0.000 \\ n &= 177 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 = \text{Altura} &= -1.48 + 0.117 \text{ días} - 0.00115 \text{ días}^2 + 0.000004 \text{ días}^3 \\ S &= 0.340146 \quad R\text{-Sq} = 62.4\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 61.8\% \\ P &< 0.000 \\ n &= 177 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_3 = \text{Altura} &= 0.280 + 0.0519 \text{ días} - 0.000397 \text{ días}^2 + 0.000001 \text{ días}^3 \\ S &= 0.221695 \quad R\text{-Sq} = 64.8\% \quad R\text{-Sq}(\text{adj}) = 64.3\% \\ P &< 0.000 \\ n &= 177 \end{aligned}$$



**Figura 1.** Altura de plántulas de *Leucaena lanceolata* en los tres tratamientos.

En el caso de la variable número de hojas, el conteo se realizó por el número de folíolos (hojas compuestas), la mayor cantidad de folíolos producidos durante el periodo de evaluación lo presentó T<sub>1</sub>, como se presenta en la Figura 2, con una tendencia muy marcada a partir de los 62 días, en relación con los T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> que mantuvieron por abajo su respuesta, siguiendo una tendencia muy similar.

**Ecuación de regresión ajustada para cada tratamiento en la variable hojas.**

$$T_1 = \text{Hojas (folíolos)} = 0.445 + 0.0311\text{días} - 0.000075 \text{ días}^2$$

S = 0.0845373 R-Sq = 86.5% R-Sq(adj) = 86.3%  
P < 0.000  
n = 177

$$T_2 = \text{Hojas (foliolos)} = 1.08 + 0.0157 \text{ días} - 0.000024 \text{ días}^2$$

S = 0.105972    R-Sq = 70.4%    R-Sq(adj) = 70.1%  
P < 0.000  
n = 177

$$T_3 = \text{Hojas (foliolos)} = 0.843 + 0.0203 \text{ días} - 0.000041 \text{ días}^2$$

S = 0.0971271    R-Sq = 77.4%    R-Sq(adj) = 77.2%  
P < 0.000  
n = 177

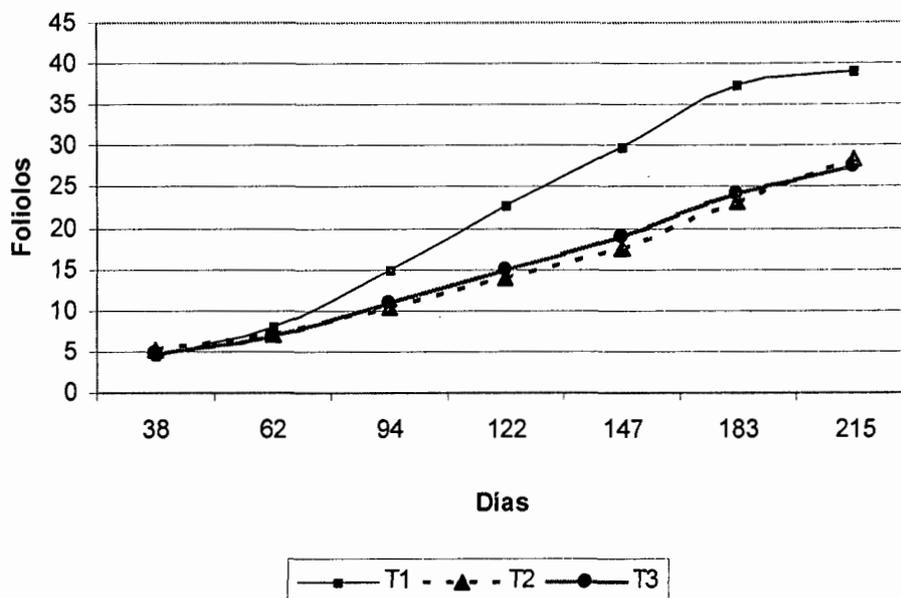


Figura 2. Número de foliolos de *Leucaena lanceolata* en los tres tratamientos.

Por último el comportamiento de los diámetros en las plántulas se realizó a partir de los 120 días, ya que por las condiciones de las plántulas, el desarrollo del tallo fue muy lento, probablemente por el estrés originado por el frío que se presentó en los meses de noviembre a enero, el mayor incremento lo presentó T<sub>1</sub> con respecto a T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> con un bajo desarrollo en diámetros, comportándose muy similar.

Ecuación de regresión ajustada para cada tratamiento en la variable diámetro.

T<sub>1</sub>. Diámetro = - 0.796 + 0.0303 días  
S = 1.17888 R-Sq = 45.6% R-Sq(adj) = 45.0%  
P < 0.000  
n = 177

T<sub>2</sub>. Diámetro = - 1.67 + 0.0258 días  
S = 0.683455 R-Sq = 64.4% R-Sq(adj) = 64.1%  
P < 0.000  
n = 177

T<sub>3</sub>. Diámetro = 0.464 + 0.0139 días  
S = 0.689197 R-Sq = 33.9% R-Sq(adj) = 33.3%  
P < 0.000  
n = 177

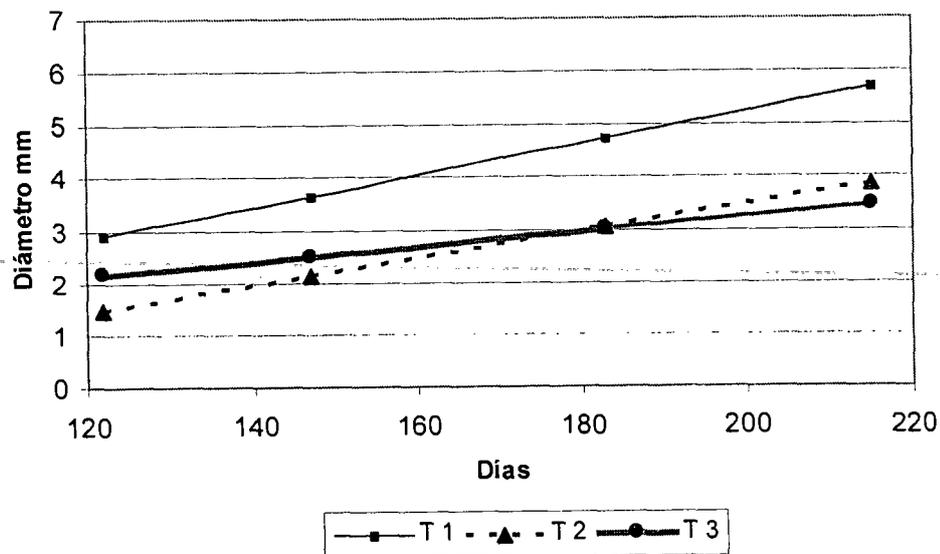


Figura 3. Comportamiento del diámetro de las plántulas de *Leucaena lanceolata* en los tres tratamientos.

Conforme a los datos obtenidos de la última lectura tomada a los 215 días para altura, número de hojas (foliolos) e incremento en diámetro, se realizó un análisis de varianza (ANOVA), asimismo para la comparación de medias se realizó una prueba de Tukey con una probabilidad de ( $P < 0.05$ ).

Obteniendo los valores más altos en altura  $T_1$  y  $T_2$  sin diferencia estadística entre ambos ( $P < 0.05$ ) prueba de Tukey, pero si para  $T_3$  que fué el de menor desarrollo, descrito en el (Anexo 1).

En cantidad de hojas (foliolos)  $T_1$  fué el que presentó la mayor cantidad, con diferencia estadística ( $P < 0.05$ ) prueba de Tukey en comparación con  $T_2$  y  $T_3$  que presentaron valores similares no existiendo diferencia estadística entre ambos, (Anexo 2).

Y para el diámetro, el tratamiento  $T_1$  presento el mayor incremento, con diferencia estadística entre los otros tratamientos ( $P < 0.05$ ) los tratamientos  $T_2$  y  $T_3$  obtuvieron resultados muy similares sin presentar diferencia estadística, (Anexo 3).

#### **Número de nódulos en las plantas.**

El  $T_1$  produjo 31.8 nódulos, obteniendo la mejor respuesta con pH de 6.57, seguido del  $T_3$ , con 27.1 un  $T_3$ , con un pH de 5.46 y  $T_2$  fue el que produjo la menor cantidad de nódulos obteniendo 13.6 en promedio pH inicial de 4.68. Además se puede observar el comportamiento de la longitud en la raíz y parte aérea de la planta entre los tratamientos, donde los valores de longitud de la raíz son muy similares con respecto a  $T_1$  y  $T_3$  y muy ligeramente mayor el  $T_2$  con (11.76 cm.), asimismo destacan por su valor el  $T_1$  y  $T_2$  en la parte aérea con valores de (17.37cm. y 15.27 cm.) respectivamente. Por último la producción de materia seca (MS) fue muy similar tanto en la raíz como en la parte aérea en  $T_1$  y  $T_2$ , estos mismos presentando una mayor producción de materia seca total (MSt), obteniendo para  $T_1$  (4.79 gr.);  $T_2$  con (4.18 gr.) y finalmente el de menor producción fue  $T_3$  (1.54 gr.), como se muestra en el cuadro 7.

**Cuadro 7.** Valores promedios de los indicadores de crecimiento de 10 plántulas seleccionadas al azar por tratamiento.

Indicadores del crecimiento	Suelos utilizados		
	T 1	T 2	T 3
Longitud de la raíz. en cm.	9.51	11.76	9.15
Longitud parte aérea. en cm.	15.27	17.37	8.90
Peso fresco de la raíz. en gr.	10.09	6.04	2.794
Peso fresco parte aérea. en gr.	5.71	5.49	1.964
Peso seco de la raíz. en gr.	2.68	2.038	0.80
Peso seco parte aérea. en gr.	2.18	2.142	0.74
Materia seca total. en g. (MSt)	4.79	4.180	1.54
Nódulos	31.80	13.60	27.1
pH. Potenciómetro(Milwauakee)	7.060	5.52	6.43

#### **Evaluación del pH con el potenciómetro manual.**

Los resultados obtenidos del pH, con el potenciómetro portátil (Milwauakee pH 0.4), monitoreando únicamente a las 10 plántulas de cada tratamiento después de los 100 días de trasplante como se muestra en la figura 4, donde podemos observar valores por arriba de 6.0, teniendo por cada uno de los tratamientos una tendencia igual en los períodos de evaluación. Después de los 150 días de trasplante, se observaron valores ligeramente más bajos en T<sub>1</sub> y T<sub>3</sub> y mas notablemente la baja en el T<sub>2</sub>, aproximadamente a los 175 días hay un incremento de pH en los 3 tratamientos, sin embargo, después de este periodo la tendencia en los 3 tratamientos baja notablemente.

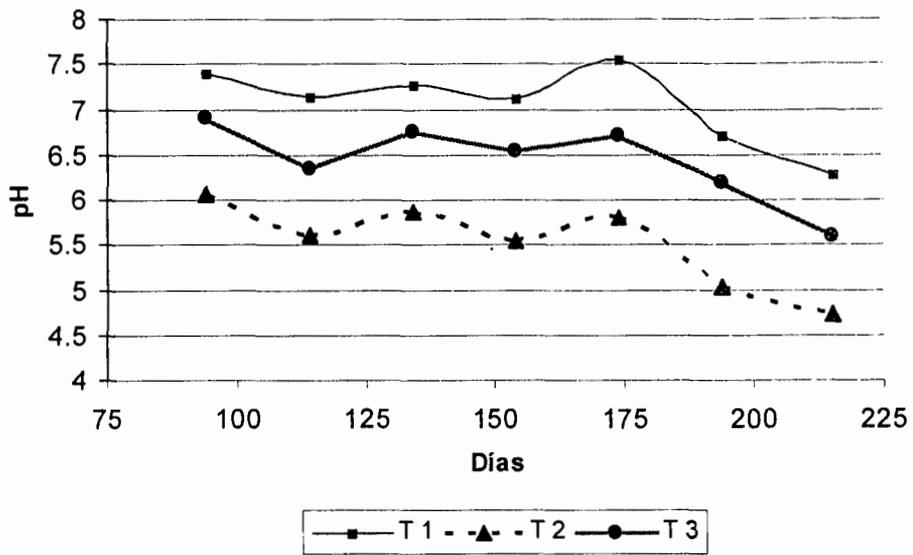


Figura 4. Comportamiento del pH con el potenciómetro Portátil (Milwaukee), en los tres tratamientos.

## 5. DISCUSIÓN.

### Número de semillas de *Leucaena lanceolata* por kilogramo

La importancia de conocer la cantidad de semillas por kilogramo, es fundamental en el manejo agronómico para reproducción de plantas en invernadero, así como la siembra directa en campo. Conforme a las reglas de ISTA, (1993), se determinó el número de semillas de *L. lanceolata*, obteniendo un total de 46,707 semillas por kilogramo aproximadamente, número muy superior al reportado por otros autores para *L. leucocephala*, de 17,000 a 21,000 semillas que en tamaño son relativamente un poco mayor en comparación con la semilla de *L. lanceolata* (Dijkman, 1950; Van den Belda, *et al.*, 1985; CATIE, 1991, citados por Parrotta, 1992).

### Pruebas de escarificación.

Los porcentajes de germinación obtenidos en la prueba de escarificación aplicados a semillas de *Leucaena lanceolata*, demuestran la necesidad de escarificar las semillas. Los mejores resultados se obtuvieron, cuando la semilla se sumergió en agua a una temperatura de 80 °C durante 3 minutos y en otro donde se utilizó agua a 82 °C durante 3 minutos y posteriormente en agua helada provocando un choque térmico, con porcentajes de germinación de 77 y 79%, respectivamente, valores similares se reportan para *L. leucocephala*, por (Hsu y Choig, 1979; citados por Ruiz y Febles, 1987) quienes realizaron pruebas de escarificación mecánica y térmica con valores para esta última de 60 a 80%, sin embargo Sanabria *et al.*, (1997) obtuvieron valores superiores a este estudio al escarificar semilla de *L. leucocephala* por métodos térmicos, obteniendo el mejor resultado la inmersión de semilla por 10 seg. en agua hirviendo, manteniéndola sobre el fuego, para la accesión (variedad) 17475 de 98.8%; pero inferiores sus resultados si los comparamos con la accesión (variedad) 9421 de 36.6% y la accesión 17492 de 28.5%. También inferiores fueron los reportados por Pérez *et al.*, (2004), para esta misma especie, con el método de

escarificación de agua a una temperatura de 100 °C con reposo de 5 minutos y poniendo las semillas dos segundos antes de los 5 minutos, obteniendo valores de 59%. Por otro lado Sánchez *et al.*, (2003) obtuvieron en semillas de *Leucaena leucocephala* un mayor porcentaje de germinación al aplicar agua a 80 °C por 10 minutos, obteniendo el 92% de semillas germinadas, siendo superior al expuesto en este trabajo.

### **Evaluación agronómica de especies arbóreas.**

Las variables medidas para evaluar el desarrollo de las plántulas de *L. lanceolata* en tres suelos con características diferentes fueron, altura (cm.), diámetro del tallo (mm.) número de foliolos, producción de materia seca total (MSt) y número de nódulos, donde los mejores valores para todas las variables fueron para T<sub>1</sub>, obteniendo promedios a los 215 días con los siguientes resultados: altura 15.27 cm., número de foliolos 45.58, diámetro 5.998 mm., nodulación 31.8, materia seca parte área 2.18 gr. y Materia seca total 4.79 gr.. Sin embargo Rincón *et al.*, (2003) en un estudio sobre el crecimiento y nodulación de *Acacia mangium* en vivero aplicando los elementos calcio y fósforo obtuvieron en la relación Ca: P de 10:1 (suelo sin encalar y con aplicación de fósforo) y a los 135 días de desarrollo, valores para altura de 27.00 cm., materia seca área 2.32 gr, siendo superior éstos valores únicamente en altura a los de este estudio y similar en producción de materia seca aérea (2.32 gr vs 2.22 gr). Ferrer *et al.*, (2003) evaluaron el crecimiento de plántulas de las leguminosas, leucaena (*Leucaena leucocephala*) y yacure (*Phitecelobium dulce*). Obteniendo los valores medios, en altura de plántula para *Leucaena* de 7.96 cm. y número de hojas de 4.53, inferiores a los encontrados en este estudio, sin embargo se desconoce el tiempo en que se realizaron éstas observaciones.

Por otro lado Pintor (2000), trabajó con 5 especies leñosas nativas, dentro de ellas tres leguminosas: Cascalote (*Caesalpinia coriaria*); Tepame (*Acacia pennatula*) y Vainillo (*Senna atomaria*); donde evaluó respuesta agronómica en casas de cristal (Invernadero) durante 4 meses, obteniendo la mejor altura el

Tepame con 19.85 cm. y Cascalote con 16.43 cm.; en la variable número de hojas el Tepame con 93.87 hojas y en los diámetros de tallos se reportó con mayor incremento al Vainillo con 0.22 cm., valores superiores a los evaluados en nuestro estudio.

También se cuantificó el número de nódulos producidos por planta de *Leucaena lanceolata* en tres suelos con diferente pH. Siendo el tratamiento T<sub>1</sub> el que obtuvo el mayor número de nódulos (31.8) en promedio después de 7 meses. Sánchez y Urdaneta, (1997) cuantificaron la cantidad de nódulos producidos por *Leucaena leucocephala* en plantas con mas de 5 años de establecidas, procedentes de dos parcelas con manejos diferentes, plantadas en un mismo suelo con fertilidad natural relativamente bajos y un pH 5.15 ligeramente ácido, se inocularon plantas con cepa específica de *Rhizobium* y otras sin inocular durante un año, obteniendo la mayor cantidad de nódulos producidos para ambos en una profundidad de 25 cm. Para las plantas inoculadas, se obtuvieron en promedio 20 nódulos a diferencia de las no inoculadas, que presentaron 11 nódulos por planta aproximadamente, siendo estos valores inferiores a los encontrados en este estudio para *L. lanceolata*, la cual no se inoculó. Asimismo Rincón *et al.*, (2003), también evaluaron producción de nódulos en relación a los elementos Ca: P, obteniendo también valores inferiores (26.50) al nuestro que fue (31.8).

## 6. CONCLUSIONES.

De acuerdo a los resultados en el presente trabajo se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Los métodos de escarificación físicos aplicados a las semillas de *Leucaena lanceolata*, que presentaron mayor porcentaje de germinación fueron T<sub>1</sub> (agua a 80 °C por 3 minutos) y T<sub>3</sub> (inmersión en agua a una temperatura de 82 °C durante 3 minutos y posteriormente en agua helada) sin diferencia estadística.

Las plántulas de *L. Lanceolata* que presentaron mayor desarrollo en todas las variables evaluadas, fueron aquellas que se establecieron en el suelo (T<sub>1</sub>), probablemente debido al pH (6.57), el menos ácido ya que los nutrientes analizados eran muy similares con respecto a los demás tratamientos.

## 7. LITERATURA CITADA

- Argel, P.J. - Lascano, C.E. y Ramírez, L. 1998. Trabajo presentado en el taller: Leucaena – Adaptación, Calidad y Sistemas de Cultivo, efectuado en Hanoi (Vietnam). Universidad de Yucatán, Mérida, México. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia. pp 1-8.
- Bogdan, A. V. 1997. Pastos tropicales y plantas de forraje. A. G. T. Editor, S. A. México, DF. pp 287- 355.
- Bornner, F.T. 1993. Análisis de semillas forestales. Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales, Chapingo, México. Serie de apoyo académico No. 47. pp 30-31.
- Brewbaker, J.L. y Sorensson, C.T. 1997. Cosechas de árbol nuevas de los híbridos inter específicos de Leucaena. pp 283-289.
- Budowski, G. 1977. Sistemas agro-silvo-pastoriles en los trópicos húmedos. Turrialba, Costa Rica. CATIE. pp 29.
- Camacho M.F. 1994. Dormición de semillas: causas y tratamientos. Editorial Trillás. pp 25-37.
- Catalan, B. G. 1991. Semillas de Árboles y Arbustos Forestales. Ministerio de agricultura pesca y alimentación. ICONA. 4<sup>ta</sup> reimpresión. pp 83-91.
- CATIE. 1986. Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central. Resultados de 5 años de investigación. Serie Técnica, Informe Técnico No. 86. pp 177-200.

CIPAV, 1999. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de la Producción Agrícola. Ubicado en internet:

<http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Lascano.htm>

CIPAV, 2004. Sistemas Silvopastoriles, Establecimiento y manejo. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de la Producción Agrícola. pp 6-38.

Curiel, B. A., 1989. Degradación actual y potencial de los suelos agrícolas de Zapopan, Jalisco. Tesis de Maestría. Escuela de Graduados. Facultad de Agronomía – Universidad de Guadalajara. Predio las Agujas, Zapopan, Jalisco. pp 89.

Eckholm, E.P. 1997. La tierra que perdemos, crisis y agotamiento de los recursos naturales. Ediciones tres tiempos y Ediciones asociados. Impreso en Argentina. pp.279.

Eguiarte, V.J; González, S.A. y Hernández, V.R. 1998. Conozca y aproveche la "leucaena" para alimentar sus vacas. Manual técnico. CIPEJ (Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco, Campo experimental "Clavellinas", Tuxpan, Jal. pp 1-12.

FAO, 1985. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Mapa Mundial de los suelos (1:5'000,000) FAO – UNESCO (Preparado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la alimentación) leyenda revisada. Roma. pp 140.

FAO, 1995. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Manual Técnico de la fijación simbiótica del nitrógeno. Roma, Italia.

- Ferrer, Yoanned; Sánchez, Maria; Rojas, Randy; Ramírez Villalobos, Maribel del Carmen; Vilorio, Jesús & Mendoza, Silania. 2003.- Influencia de la escarificación y la inhibición sobre la germinación y crecimiento de plántulas de *Leucaena leucocephala* y *Phytocellobium dulce*. Resúmenes a ser presentados en el XV Congreso Venezolano de Botánica. Universidad de los Andes. Venezuela.
- Fitzpatrick. A. E. 1996. Introducción a la ciencia de los suelos. Primera edición en español, Editorial Trillas, México. pp 126-160.
- García A. E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köopen. Instituto de geografía. UNAM. México, pp 223.
- Graetz, H. 2000. Suelos y fertilización. Manuales para educación agropecuaria; Área suelos y agua 34. 2<sup>da</sup>. Edición. Trillás, México. pp 15-30.
- Guizar, N. E. y Sánchez, V. A. 1991. Guía para el reconocimiento de los principales árboles del alto balsas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp 101.
- Gutteridge R. C y Shelton, H. M. 1994. Tree Legumes in Tropical Agriculture. Department of Agriculture. The University of Queensland. CAB International. Queensland, Australia. pp 26 -27.
- Honorato, P. 2000. Manual de edafología. 4ta. Edición. Editor Alfaomega, México. pp 13 -208.
- Hughes, C. 1998. Systematic Botany Monographs. Vol. 55, Monograph of *Leucaena* (Leguminosae-Mimosoideae). The American Society of plant Taxonomists. USA. pp 1-169.

INEGI, 2001. Instituto Nacional de Estadística, geografía e informática. Ubicado en internet:

[www.inegi.gob.mx.http://fortalecimientomunicipal.jalisco.gob.mx/Monografias/Tomatlan.htm](http://www.inegi.gob.mx/http://fortalecimientomunicipal.jalisco.gob.mx/Monografias/Tomatlan.htm)

Krishnamurthy, L. y Ávila, M. 1999. Agroforestería Básica. Serie Textos Básicos para la formación Ambiental. Nº 3. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente Oficina Regional para América latina y el Caribe. (PNUMA). FAO. pp 41-61.

Krishnamurthy, L., Krishnamurthy, K., Rajagopal, I., y Arroyo, G. A. 2003. Introducción a la agroforestería para el desarrollo rural. Alternativas productivas. SEMARNAT, México. pp 80-89.

López, M. 1987. Simbiosis Rizobio-Leucaena: Inoculación. En: *Leucaena*, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico. EDICA. Cuba. pp 43-45.

Manidool, C. 1984. Sylvo pastoril systems in Thailand. Internatinal simposium on pastores in the tropics and subtropics. Tropical agriculture research series No. 18. pp 187-194.

McHargue, L. A. 1987. Análisis comparativo del crecimiento de plántulas de *Pithecellobium catenatum* sin y con nódulos. University of Miami. Department of Biology, P.O. Box 249118. Coral Gables, FL 33124. US. Revista de Biología Tropical. v. 35, Supl. 1. pp 226.

McVaugh, R. 1987. Flora Novo- Galiciana Vol. 5. Leguminosae. Ann Arbor the University of Michigan Press. Michigan, USA. pp 185-186.

- Melgar, R y Díaz, Z. 1997. La fertilización de cultivos y pasturas. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. I.N.T.A. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. pp 166-163.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. UNAM. Ciudad universitaria. Programa universitario de alimentos. Tercera edición, México. pp 129.
- Muñoz, D. J. 1983. Usted, la tierra, los árboles y los frutos. Primera edición. Editorial, Diana, México. pp 105-123.
- Nair, P.K. 1993. Agroforestería. Centro de Agroforestería para el desarrollo sostenible. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. pp 197-385.
- National Research Council. 1984. *Leucaena*: Promising Forage and Tree Crop for the Tropics. Second Edition. National Academy Press, Washington, D.C. pp 68-84.
- Niembro, R. A. 1986. Semillas de árboles y arbustos: Ontogenia y estructura. División de ciencias forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. pp 19-20.
- Niembro, R. A. 1989. Semillas de plantas leñosas: Morfología comparada. División de ciencias forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. pp 128-129.
- Palma, G. J.M, Ruiz, V. T. y Jordán, V.H. 2000. Bancos de proteína con *Leucaena leucocephala*. Una experiencia de transferencia de tecnología en sistemas silvopastoriles en México. Universidad de Colima, México. pp 3.

Parrotta, J.A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Leucaena*, tantan. 50-ITF-SM-52 New Orleans, LA: USA. Department of Agriculture, Forest, Service, Southern Forest Experiment Station. pp 308-316.

Pérez-Guerrero, J. 1979. *Leucaena leguminosa tropical mexicana usos y potencial*. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo. Departamento de investigación y enseñanza en zootecnia. Chapingo, México. pp 80.

Pérez, N., Sánchez, E., Paula, C. y Ekron, T. 2004. Evaluación agronómica de dos métodos de escarificación de semilla de *Leucaena leucocephala* para ser utilizados en siembra directa en el campo. Pastos y forrajes leguminosas. XII Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. pp 142.

Pezo, D. e Ibrahim, M. 1999. *Sistemas Silvopastoriles* 2 da. Edición. Colección Módulos de Enseñanza Agroforestal. Centro Agronómico tropical de investigación y Enseñanza. CATIE. Proyecto Agroforestal. CATIE/GTZ Turrialba, Costa Rica. pp 12.

Pintor, L. 2000. Germinación y crecimiento de plantas leñosas nativas en el trópico con potencial para la ganadería. Tesis Maestría. Universidad de Colima. Posgrado interinstitucional en ciencias pecuarias. Tecomán, Colima. México. pp 70.

Porta, C., López, A y Roquero, De la B. 1999. *Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente*. 2 da. Edición; ediciones Mundi – Prensa, México. pp 88-315.

- Poulsen, K. M y Stubsgaard, F. 2000. Técnicas para escarificación de semillas forestales. Manual técnico No. 36. CATIE.(Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza), Turrialba, Costa Rica. pp 35-52.
- Razo, V. G. 2001. La cultura de la tierra. Conceptos y experiencias para una agricultura sustentable. Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales. México. pp 139-141.
- Rincón, J.J., Gallardo, Y., Leal, M. y Rojas, Y. 2003. Efecto de la relación Calcio: Fósforo en el suelo sobre el crecimiento y nodulación de plantas jóvenes de *Acacia mangium* (Willd). Revista Bioagro 15 (2).Departamento de producción Animal, Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado".Venezuela. pp 97-105.
- Rodríguez, F. y Rodríguez, A. 2002. Métodos de análisis de suelos y plantas, criterios de interpretación. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Ed. Trillás, México. pp 9-33.
- Román, M.L. 2004. Material de apoyo para la materia de Agroforestería. CUCBA. Universidad de Guadalajara. Jal. México.
- Román, M.L. 1997. Determinación de altura inicial al pastoreo de *Leucaena leucocephala* en un banco de proteínas para ovinos. Tesis de maestría. Universidad de Colima. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Colima, Colima, México. pp 14.
- Román, M.L, Mora, S.A y Gallegos, R.A, 2004. Especies arbóreas de la costa de Jalisco, México, utilizadas como forraje en sistemas silvopastoriles. Scientia. CUCBA. Revista Científica. Vol. 6, N. 1 – 2. Universidad de Guadalajara. Jal. México. pp 5-7.

- Ruiz, T.E. y Febles, G. 1987. *Leucaena*, una opción para la alimentación bovina en el trópico y subtrópico. EDICA. Cuba. pp 3-33.
- Russell, D. Freed, 1991. MSTAT Director. Crop and Soil Science Department, Version 2.10. Michigan State University.
- Salisbury, F. y Ross, C. 1994. Fisiología Vegetal. Traducido por Virgilio González Velásquez. Universidad Autónoma de México. (UNAM). Editorial Iberoamérica, México. pp 33- 551.
- Sanabria, D.V.,-Silva, A.R.-Alfaro, C. y Oliveros, M. 1997. Escarificación térmica de semillas de accesiones de *Leucaena leucocephala*. Zootecnia Tropical, nota técnica, Vol.15. FONAIAP. Centro de Investigaciones Agropecuarias del Edo. Monagas, Venezuela. pp 67-80.
- Sánchez, A. y Urdaneta, J. 1997. Evaluación de la distribución espacial de nódulos en la *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. Revista 14. Facultad de Agronomía. La Universidad del Zulia., Venezuela. pp. 457-463
- Sánchez, M.; Valero, J.; Canelón, R.; Jaramillo, S.; Fuenmayor, M. & Ramírez, M. 2003. Tratamientos pregerminativos en semillas de *Leucaena leucocephala* y *Prosopis juliflora*. Resúmenes a ser presentados en el XV Congreso Venezolano de Botánica. Universidad de los Andes. Venezuela.
- Skerman, P., Cameron, D y Riveros, F. 1991. Leguminosas forrajeras tropicales. FAO. Producción y protección vegetal N° 2. Roma. pp. 12-125.

## 8. ANEXOS

**Anexo 1.** Análisis de varianza (ANOVA) para al variable altura de planta por tratamiento, en los últimos datos (215 días) asimismo ( $P < 0.05$ ) prueba de Tukey para la comparación entre medias.

Fuente	G1	Se	Cm	Fc	P
Tratamiento	2	362.1	181.1	16.85	0.000
Error	81	870.6	10.7		
Total	83	1232.7			

$S = 3.278$      $R-Sq = 29.38\%$      $R-Sq(adj) = 27.63\%$

Individual 95% CIs por media en base a la desviación estandar

T	N	Media	Ds
1	24	8.808	2.364
2	30	9.617	4.823
3	30	4.977	1.525

4.0                  6.0                  8.0                  10.0

$Ds = 3.278$

**Prueba de Tukey 95% Simultáneos intervalos de confianza**

Confiabilidad por tratamiento = 98.08%

T	Bajo	Centro	Arriba
2	-1.337	0.808	2.954
3	-5.977	-3.832	-1.686

-3.5                  0.0                  3.5                  7.0

T	Bajo	Centro	Arriba
3	-6.663	-4.640	-2.617

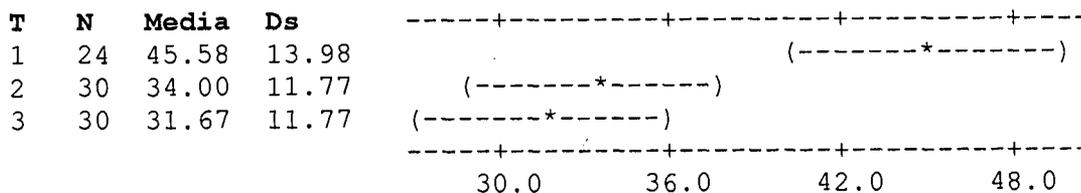
-3.5                  0.0                  3.5                  7.0

Anexo 2. Análisis de varianza (ANOVA) para la variable hojas (número de foliolos) de planta por tratamiento, en los últimos datos (215 días) asimismo ( $P < 0.05$ ) prueba de Tukey para la comparación entre medias.

Fuente	Gl	Se	Cm	Fc	P
Tratamiento	2	2868	1434	9.27	0.000
Error	81	12537	155		
Total	83	15405			

S = 12.44    R-Sq = 18.62%    R-Sq(adj) = 16.61%

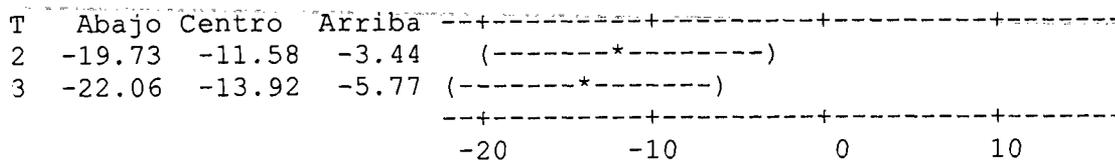
Individual 95% CIs por media en base a la desviación estandar



Ds = 12.44

Prueba de Tukey 95% Simultáneos intervalos de confianza

Confiabilidad por tratamiento = 98.08%





## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios.**

Por darme la oportunidad de realizarme profesionalmente y poder contribuir al desarrollo de mi país.

### **A mis padres.**

Antonio y Maria Iduvina por la fe, el sacrificio y el apoyo que en todo momento me brindaron por difícil que fue en mi vida.

### **A mi Universidad de Guadalajara.**

Al Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias donde tuve la oportunidad de compartir experiencias y conocimientos con maestros y compañeros.

### **A mi director**

Dra. Maria Leonor Román Miranda

### **A mi asesores.**

MC. Antonio Mora Santacruz

MC. Adriana Avendaño

### **A mis amigos.**

Con quienes he compartido parte de mi vida y que me apoyaron en mi formación: Sra. Carmen Herrera Diana de Grossi, Lic. Claudia Grossi Herrera, Maria Guadalupe Pérez Gómez, Dr., José Huerta Ruiz y Laura Mercedes Torres.

Además a mis amigos de la Universidad: Maria Isabel Vargas Campos, Ignacio Avendaño, Ing. Juan Chávez, Ing. Miguel Palomino, Ing. José Aceves Montaña.

### **A PROMEP.**

Por el apoyo al proyecto mediante el oficio (103.5/03/1140).