

**TÉCNICAS DE ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE GUAJE  
(*Leucaena leucocephala* Lam) DE Wit, PARA AUMENTAR LA  
CAPACIDAD GERMINATIVA**

**MARIANO NARCIA VELASCO**

**T E S I S**

**Presentada como Requisito Parcial para  
Obtener el Grado de:**

**MAESTRO EN TECNOLOGÍA  
DE GRANOS Y SEMILLAS**



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA  
“ANTONIO NARRO”  
PROGRAMA DE GRADUADOS**

**Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.**

**Junio de 2009**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIRECCIÓN DE POSTGRADO**

**TÉCNICAS DE ESCARIFICACIÓN EN SEMILLAS DE GUAJE (*Leucaena leucocephala* Lam) DE Wit, PARA AUMENTAR LA CAPACIDAD GERMINATIVA**

TESIS

POR:

MARIANO NARCIA VELASCO

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial, para obtener el grado de:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA DE GRANOS Y SEMILLAS

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal: \_\_\_\_\_

M.C. Antonio Valdez Oyervides

Asesor: \_\_\_\_\_

M.C. Federico Facio Parra

Asesor: \_\_\_\_\_

D.R. Mario Cantú Sifuentes

Asesor: \_\_\_\_\_

M.C. Leopoldo Arce González

\_\_\_\_\_  
Dr. Jerónimo Landeros Flores  
Director de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Junio de 2009.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por las facilidades y el apoyo económico brindado para la realización de mis estudios de nivel maestría.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” y especialmente al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas, por cederme la oportunidad de superarme y darme una formación profesional, requerida en nuestros días para servirle con lealtad y compromiso al país.

Al M.C. Antonio Valdez Oyervides, por su apoyo en la estructuración y revisión del estudio de investigación, además del tiempo brindado durante sus asesorías en clases y consejos.

Al M.C. Federico Facio Parra, por el gran apoyo incondicional y aportación de sus ideas y conocimientos; así como por su confianza depositada para la realización del presente trabajo.

AL M.P. Alejandra Torres Tapia, por su gran aportación sobre los conocimientos acerca de cómo poder establecer métodos de germinaciones en laboratorio y las interpretaciones de los componentes físicos, fisiológicos y sanitarios de las semillas.

Al M.C. Leopoldo Arce González, por haberme facilitado el área de invernadero y los materiales necesarios y su participación en la realización del experimento.

Al D.R. Mario Cantú Sifuentes, por su confianza depositada y su gran apoyo en la participación de la orientación en los análisis estadísticos e interpretación.

A la T.L.Q. Sandra Luz García Valdez; al ING. Martina de la Cruz Casillas; y a la T.A.L.C.Q. Magdalena Olvera Esquivel; por sus valiosa cooperación en la conducción del trabajo de laboratorio e invernadero.

A todos los maestros y personal del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) por sus contribuciones en mi formación.

A mis compañeros de generación: Armando Guadarrama Espinosa y Daniel Chepetla Calderón, por sus ayudas desinteresadas. Así como a todos mis compañeros de maestría en semillas quienes me permitieron convivir durante mi estancia en la UAAAN, en especial al M.P. Julio Cesar García Deán.

## DEDICATORIA

A dios quien me ha permitido vivir y ayudarme a luchar para superar los obstáculos difíciles y de incertidumbre en determinado momento.

Con cariño y respeto a la memoria de mi padre Sr., Julián Narcía Ruíz (+), quien en vida me enseñó a ser una persona educada, luchar siempre con ánimos y mostrar respeto a los demás.

Con cariño y admiración a mi Madre, Sra. Marina Velasco Cruz, por su confianza y apoyo brindado en mí, así como por su impulso para seguir estudiando.

A mis adorables hermanos y hermanas: Alejandro, Horacio, María Dalia, Quinciño, Juliancito y Auricela. A mis cuñadas, tíos, sobrinos y primos, especialmente a Estefani, que siempre me apoyo moralmente.

A mi gran amigo y siempre el mejor maestro del C.B.T.A 42 de Villacorzo, Chiapas: el Lic. Arturo Argüello Aguilar; así como a su adorable familia, por sus confianza depositada en mí.

## COMPENDIO

### **Técnicas de Escarificación en Semillas de Guaje (*Leucaena leucocephala* Lam) de Wit, Para Aumentar la Capacidad Germinativa**

POR:

MARIANO NARCIA VELASCO

MAESTRIA EN TECNOLOGIA DE GRANOS Y SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

MC. ANTONIO VALDEZ OYERVIDES -ASESOR-

**Palabras Clave:** Escarificación, Semillas, *Leucaena*, Germinación.

La *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, es una especie arbustiva forrajera dentro de las leguminosas, tiene su origen en México; y por su gran importancia en los sistemas de producción, se ha propagado por todos los trópicos a nivel mundial, donde se ha calculado una superficie de 5 millones de hectáreas, destacándose las regiones de América, Asia, África, Australia y el Caribe.

Es catalogado como un árbol multipropósito, por su alta calidad nutricional como fuente de proteínas en la dieta alimenticia de animales rumiantes, su valor

puede ser igual o mayor al de la alfalfa.

El presente trabajo se realizó para conocer el efecto de tratamientos físicos, químicos y mecánicos que ayuden en la semilla a fin de eliminar la latencia e incrementen el porcentaje de germinación.

La investigación se llevó a cabo bajo dos condiciones, uno en laboratorio y el otro en invernadero, en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en Saltillo, Coahuila, México. Los tratamientos evaluados fueron: Testigo (T1); escarificación con lija burda número 36 (T2); remojo en agua por 48 horas (T3); agua a 85° C por 10 minutos (T4); nitrato de potasio ( $KNO_3$ ) al 0.2 % por 10 minutos (T5); ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) a 140 ppm por 30 minutos (T6); ácido nítrico ( $HNO_3$ ) al 75 % por 10 minutos (T7) y ácido sulfúrico concentrado ( $H_2SO_4$ ) por 5 minutos (T8).

En laboratorio se evaluó a los 14 días, las variables capacidad de germinación, índice de velocidad de germinación, longitud de plántula y longitud de radícula, donde fueron tomadas todas las plantas normales. En invernadero se evaluó por un período de 21 días, las variables estudiadas fueron capacidad de germinación, índice de velocidad de emergencia, y para la longitud de plántula y radícula se tomaron 10 plantas al azar en cada repetición por tratamiento, en ambas variables solo se tomaron en cuenta plantas normales. En lo que respecta a la prueba de germinación se llevó a cabo de acuerdo a las reglas de la ISTA (2004).

Para el análisis de datos se utilizó un diseño completamente al azar. La variable germinación en laboratorio respondió favorablemente con lija número 36 (T2), con lo que se alcanzó un 98 % de germinación.

Para el tratamiento con agua a temperatura de 85° C por 10 minutos (T4) se obtuvo 60 %. Arrojando diferencias altamente significativas en el análisis de varianza; además resultaron ser los de mayores incrementos en el índice de velocidad de germinación, longitud de plántula y radícula.

En invernadero los mejores tratamientos correspondieron al escarificado con lija número 36, con un 94 % de germinación (T2), y un 88 % al utilizar agua a 85° C por 10 minutos (T4), los cuales demostraron resultados muy positivos para el índice de velocidad de emergencia y longitud de plántula; para la longitud de radícula, el tratamiento con nitrato de potasio al 0.2 % por 10 minutos (T5) estuvo dentro de los mejores con 7.07 cm en promedio; al igual que para el ácido nítrico al 75 % por 10 minutos (T7) con 7.04 cm.

Los métodos de escarificación que se recomiendan para trabajar con semillas de esta especie, sin lugar es con lija número 36, ya que responde bien en laboratorio e invernadero, por que el porcentaje más alto se consiguió a los 4 días y en invernadero a los 11 días.

Finalmente el agua corriente a 85° C por 10 minutos con los mayores porcentajes hasta los 21 días.



## ABSTRACT

### **Scarification Techniques for *Leucaena* Seeds (*Leucaena leucocephala* Lam) of Wit, to Increase The Germination Capacity**

**By:**

MARIANO NARCIA VELASCO

MASTER'S IN GRAIN AND SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

MC. ANTONIO VALDEZ OYERVIDES -Advisor-

**Key Words:** Scarification, Seeds, *Leucaena*, Germination.

*Leucaena leucocephala* (Lam.) of Wit is a shrubby forage species within the legumes and it has its origin in Mexico. Due to its great importance in production systems, it has been propagated throughout the tropics at a worldwide level, where it covers a calculated area of 5 million hectares (12,355,000 acres) outstanding regions in America, Asia, Africa, Australia and the Caribbean.

It is catalogued as a multipurpose tree, for its high nutritional quality as a protein source in the ruminants' diet. Its value may be equal to or greater than that of alfalfa.

The present study was carried out to determine the effect of physical, chemical and mechanical treatments to eliminate seeds latency and to improve the germination percentage.

This research was carried out under two conditions: 1) laboratory and 2) greenhouse, in the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro in Saltillo, Coahuila, Mexico. The evaluated treatments were: a check (T1), scarification with 36 rough sandpaper (T2), soaking in running water for 48 hrs (T3), water at 85°C for 10 minutes (T4), potassium nitrate ( $KNO_3$ ) at 0.2 % for 10 minutes (T5), 140 ppm sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ) for 30 minutes (T6), nitric acid ( $HNO_3$ ) at 75 % for 10 minutes (T7), and concentrated sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ) for 5 minutes (T8).

In laboratory the evaluation was made fourteen day after the establishment at the experiment, the variables considered were germination capacity, germination speed index, and shoot and radical length, where all normal plants were taken. Work in the greenhouse was carried out for a period of 21 days. Variables studies were germination capacity, emergence speed index, and for shoot and radicle length, ten plants were taken at random for each repetition by treatment. In both variables only normal plants were taken.

In relation to the germination test, it was carried out according to the ISTA rules (2004).

For the analysis of data a completely randomized design was used. The germination variable in the laboratory responded favorably to sandpaper No. 36 (T2), with 98 % of germination, and for water at 85°C for 10 minutes (T4), it was obtained 60 % at germinated seeds. The analysis of variance showed highly significant differences. In addition these treatments produced the greatest increments in the germination velocity index and in the shoot and radicle lengths. In relation to the greenhouse, the best treatments also corresponded to scarification with sandpaper No. 36 (T2), which produced 94 % germination, and to water at 85°C for 10 minutes (T4), with 88 %. Both treatments had very positive results for emergency speed index and seedling length. With regards to radicle length, the treatment with potassium nitrate at 0.2 % for 10 minutes (T5) was among the best, with an average length of 7.07 cm. The treatment with nitric acid at 75 % for 10 minutes (T7) produced similar results, with an average length of 7.04 cm.

The scarification method recommended for leucaena seeds undoubtedly is with sandpaper No. 36, where best results were obtained in for days in the laboratory germination test, and in eleven days in the greenhouse.

Finally treatments with running water at 85°C for 10 minutes showed best percentages at 21 days.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS -----	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS -----	xv
INTRODUCCIÓN -----	1
Objetivo General -----	2
Hipótesis -----	2
REVISIÓN DE LITERATURA -----	3
Importancia y Usos -----	4
Concepto de Semilla -----	6
Calidad de Semillas -----	8
Concepto de Germinación -----	10
Factores que Impiden la Germinación -----	12
Factores Ambientales o Externos -----	12
Factores Internos -----	13
Latencia -----	15
Tipos de Latencia -----	17
Latencia Exógena o por la Cubierta de las Semillas -----	18
Latencia Morfológica o Endógena -----	18
Latencia Interna -----	19
Latencia Combinada Morfofisiológica -----	20
Latencia Combinada Exógena-Endógena -----	21
Tratamientos para Eliminar la Latencia -----	21
Estratificación -----	21
Escarificación -----	22
Otros Tratamientos -----	26

<b>Semilla de la <i>Leucaena leucocephala</i></b> -----	<b>27</b>
<b>La formación de la Semilla de la <i>Leucaena</i></b> -----	<b>28</b>
<b>Microsporogénesis y Microgametogénesis</b> -----	<b>28</b>
<b>La Megasporogénesis y la Megagametogénesis</b> -----	<b>29</b>
<b>Polinización y Fecundación</b> -----	<b>30</b>
<b>Desarrollo de la Semilla y del Fruto</b> -----	<b>31</b>
<b>Calidad de Semilla de la <i>Leucaena leucocephala</i></b> -----	<b>32</b>
<b>Efecto de la Latencia en Semillas</b> -----	<b>33</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> -----	<b>40</b>
<b>Localización</b> -----	<b>40</b>
<b>Metodología</b> -----	<b>40</b>
<b>VARIABLES EVALUADAS EN LABORATORIO</b> -----	<b>41</b>
<b>Capacidad de Germinación</b> -----	<b>41</b>
<b>Índice de Velocidad de Germinación</b> -----	<b>42</b>
<b>Longitud de Plántula</b> -----	<b>42</b>
<b>Longitud de Radícula</b> -----	<b>42</b>
<b>VARIABLES EVALUADAS EN INVERNADERO</b> -----	<b>43</b>
<b>Capacidad de Germinación</b> -----	<b>43</b>
<b>Índice de Velocidad de Emergencia</b> -----	<b>43</b>
<b>Longitud de Plántula</b> -----	<b>43</b>
<b>Longitud de Radícula</b> -----	<b>43</b>
<b>Diseño Experimental</b> -----	<b>44</b>
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> -----	<b>45</b>
<b>LABORATORIO</b> -----	<b>46</b>
<b>Capacidad de Germinación</b> -----	<b>46</b>
<b>Índice de Velocidad de Germinación</b> -----	<b>48</b>
<b>Longitud de Plántula</b> -----	<b>50</b>
<b>Longitud de Radícula</b> -----	<b>52</b>
<b>INVERNADERO</b> -----	<b>54</b>
<b>Capacidad de Germinación</b> -----	<b>54</b>
<b>Índice de Velocidad de Emergencia</b> -----	<b>56</b>

Longitud de Plántula-----	58
Longitud de Radícula-----	60
CONCLUSIONES-----	62
RESUMEN-----	64
LITERATURA CITADA -----	66
APÉNDICE -----	73

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
4.1. Concentración de medias de los parámetros evaluados en los tratamientos del experimento bajo condiciones de laboratorio e invernadero.....	45
8.1. Análisis de varianza en la capacidad de germinación en leucaena, bajo laboratorio.....	73
8.2. Análisis de varianza en el índice de velocidad de germinación en leucaena, bajo laboratorio.....	73
8.3. Análisis de varianza en la longitud de plántula en leucaena, bajo laboratorio.....	74
8.4. Análisis de varianza en la longitud de radícula en leucaena, bajo laboratorio.....	74
8.5. Análisis de varianza en la capacidad de germinación en leucaena, bajo invernadero.....	75
8.6. Análisis de varianza en el índice de velocidad de emergencia en leucaena, bajo invernadero.....	75
8.7. Análisis de varianza en la longitud de plántula en leucaena, bajo invernadero.....	76

8.8 Análisis de varianza en la longitud de radícula en leucaena, bajo  
invernadero.....

76



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
4.1. Comparación de medias de la capacidad de germinación en leucaena, bajo laboratorio.....	46
4.2. Comparación de medias del índice de velocidad de germinación en leucaena, bajo laboratorio.....	48
4.3. Comparación de medias de la longitud de plántula en leucaena, bajo laboratorio.....	50
4.4. Comparación de medias de la longitud de radícula en leucaena, bajo laboratorio.....	52
4.5. Comparación de medias de la capacidad de germinación en leucaena, bajo invernadero.....	54
4.6. Comparación de medias del índice de velocidad de emergencia en leucaena, bajo invernadero.....	56
4.7. Comparación de medias de la longitud de plántula en leucaena, bajo invernadero.....	59
4.8. Comparación de medias de la longitud de radícula en leucaena, bajo invernadero.....	60

## INTRODUCCIÓN

La *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, es una especie arbustiva, originaria de México, y se ha propagado por todos los trópicos a nivel mundial, donde ha tomado gran auge dentro de los sistemas de producción, debido a su gran diversidad de usos (Sánchez y Ramírez, 2005). Esta planta se destaca por sus múltiples funciones como madera, leña y carbón; siembras acompañantes en plantaciones de cacao, café, té, vainilla, coco y teca; mejora las condiciones de suelos; sus hojas y las vainas se manejan como forraje, su follaje se emplea como abono orgánico; fijadora de nitrógeno; como ornamento a orillas de caminos, árbol de sombra alrededor de viviendas, en rompevientos y barreras contra incendios (Parrota, 2006).

Sin embargo es importante reconocer que la calidad fisiológica de su semilla es baja, dado que presenta latencia, y como consecuencia una baja germinación y vigor. La calidad de las semillas, juega un papel determinante en su propagación y son consideradas como una unidad funcional que producirá una nueva planta y es el insumo básico para el desarrollo de una cadena de valores altamente competitivo.

Por las consideraciones antes señaladas se llevó a cabo la presente investigación teniendo como objetivos los siguientes.

### **Objetivo general**

Conocer el efecto de tratamientos físicos, químicos y mecánicos que ayuden a eliminar la latencia e incrementen el porcentaje de germinación en semilla de *Leucaena leucocephala*.

### **Hipótesis**

El efecto de alguno de los tratamientos físicos, químicos y mecánicos será capaz de aumentar el poder germinativo y así eliminar la latencia de la semilla *Leucaena leucocephala*.

## REVISIÓN DE LITERATURA

La *Leucaena leucocephala* que es originaria de América tropical, específicamente de la península de Yucatán, México; es un arbusto que ha sido investigado y utilizado en los sistemas agroforestales a nivel mundial. Según algunos estudios recientes sobre este cultivo, se ha calculado una cobertura aproximada de 5 millones de hectáreas a nivel mundial, donde se destacan aquellas regiones tropicales de América, Asia, África, Australia y el Caribe (Brewbaker y Sorensson, 1990).

La amplia distribución en las regiones tropicales y subtropicales del país la han caracterizado, sus altitudes varían desde los 0 a 1500 m.s.n.m. Sobrevive en zonas que alcanzan una precipitación anual promedio desde los 300 hasta 4000 mm; alcanzando así los mejores crecimientos en aquellas áreas con precipitación anual de aproximadamente 1500 mm con una temporada seca de 4 meses. Por esta razón se han generado más de 100 variedades en los sistemas de producción por las distintas condiciones de clima, suelo; también se han introducido a otros países (Zarate, 1987, Parrota, 1992).

En las áreas de distribución natural en México y la América Central, el guaje es un componente importante de los bosques caducifolios y

semicaducifolios secundarios, donde en la parte oeste de México, crece en bosques caducifolios secos en asociación con *Lysiloma* spp., *Bursera* spp., *Ipomoea* spp., del tipo arborescente, entre otros (Parrota, 2006).

### **Importancia y Usos**

El Guaje (*Leucaena leucocephala*) posee más valor nutritivo que las gramíneas, sobresaliendo a un más en las épocas de seca; interactúa entre plantas, animales y cosechas; por lo que ayuda a mantener un balance entre el ecosistema suelo, planta y animal (Devendra, 1999).

Es catalogado como un árbol multipropósito, por su alta calidad nutricional de sus hojas para consumo animal en rumiantes, que logran digerir hasta un 60 a 70 por ciento, por su excelente fuente de proteínas que contiene tanto en estado verde como en seco, el valor nutritivo que tiene puede ser igual o mayor al de la alfalfa, especialmente cuando se denota una marcada escasez de alimentos de calidad, y su importancia en algunos programas de mejoramiento, así como recuperación de suelos, control de erosión y planes de reforestación (Espinoza y Gil, 1999; Sosa *et al.*, 2000; Martin y Valdora, 2002).

Se dice que en los campos de establecimientos como forrajera, una hectárea produce alrededor de 10 a 20 toneladas de materia seca comestible; las hojas constituyen de un 4 a 23 % de materia fresca y de 5 a 30 % de materia seca; su contenido de proteína varía de 20 a 27 %, además es rica en

calcio, potasio y vitaminas; por otro lado se recomienda que en la dieta animal no hay que sobrepasar del 20 % , por que genera problemas por la presencia de mimosina (Gutiérrez y Dorantes, 2004). Esta sustancia ocasiona daño a los mamíferos no rumiantes y aves de corral, que les repercute en debilidad, pérdida de peso, aborto, caída de pelo en caballos, mulas y burros (FAO, 1998).

Por sus hábitos de crecimiento, se ha utilizado con éxito en la reforestación para enriquecimiento y mejoramiento de suelos, sombra para cultivos, control de erosión, alimentación animal, y en diversos sistemas agrícolas como abono verde alterando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, aumenta la disponibilidad de nitrógeno para los cultivos e incrementa la materia orgánica por la simbiosis con bacterias del género rhizobium, que se generan en el sistema radicular, llegando a fijar hasta 400 kg/ha/año de nitrógeno (FAO, 1998; Shelton, 2001).

Se ha explotado para horcones de casas en construcciones rústicas, la madera y leña se ha medido como de buena calidad cuando es aprovechada a una edad de 6 años, los frutos y semillas tienen usos en la medicina tradicional contra las amibas y la viruela, las semillas se consumen en estado tierno y en la madurez sirven como sustituto de café, es aprovechada en artesanías, como piezas de joyería y colorantes de textiles (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

La flor contiene aceites esenciales aromáticos y los frutos son muy apreciados por el alto contenido en vitamina A y proteínas. Estos mismos autores refieren que la industria ha sabido aprovechar la madera para la

elaboración de pulpa para papel y que los expertos en la apicultura recomiendan utilizarla como flora melífera; además se comercializan los tallos delgados con grosores de 5 a 7 cm para tutores en el cultivo de tomate y chile dulce en países como Panamá y Honduras.

En concreto; se considera que la *Leucaena leucocephala* es un recurso muy importante que debe ser difundido a los distintos niveles de productores por su alto potencial alimenticio, su fácil implantación, y su futuro potencial energético y maderable (Martín y Valdora, 2002).

### **Concepto de Semilla**

La semilla es el óvulo fertilizado y maduro que contiene un embrión, así como distintas cantidades de endospermo y/o perispermo y tegumentos, que sirven de protección a dichas estructuras (Niembro, 1988).

Bradbeer (1988) mencionó que la semilla es el producto del óvulo fertilizado, donde en las gimnospermas se logra ver a simple vista las escalas que constituyen el cono, y en las angiospermas las semillas están formadas dentro de un ovario. Estas eventualmente logran germinar o dar un individuo nuevo.

Semilla es la estructura formada por la maduración del óvulo de las plantas con semillas después de la fecundación (Raven *et al.*, 1991 b).

Moreno (1996) explicó que desde el punto de vista agronómico y comercial se considera semilla a toda clase de granos, frutos y estructuras más complejas (unidad de semillas) que se emplean en siembras agrícolas. Sin embargo por el lado botánico, se dice que es un embrión en estado latente, acompañado o no de tejido nutritivo y protegido por el episperma.

El término semilla, también se ha logrado definir como el insumo estratégico en la agricultura, al que se le ha ofrecido una atención muy peculiar en la época moderna; por tal motivo se dice que es la relación entre la generación de tecnología y la creciente necesidad de producción de alimentos y otros productos del campo para la creciente población mundial (Rincón *et al.*, 1999).

Desde otro punto de vista la semilla se considera que es el resultado terminado y formado por el embrión, albumen y tegumento, después del proceso de la fecundación donde el nuevo cigoto diploide, el núcleo endospermico primario y todos los tejidos maternos unidos inician la mitosis y la diferenciación que fabricarán al embrión de la planta y sus sistemas de soporte (Wallace *et al.*, 2003).

Flores (2004) refirió que hay diferentes descripciones de semilla: óvulo maduro fecundado, estructura vegetal que da origen a una planta, unidad de diseminación de la especie, etcétera. Sin embargo en el área de la tecnología de semillas se considera como la unidad básica de vida, un embrión o parte de



la planta que dará origen a una planta de características superiores (mejorada), que proveerá una ventaja adicional a las variedades existentes, lo cual estimulará su siembra; de esa manera la empresa destinada a la producción de semillas cuenta con expectativas importantes para la venta de este producto.

### **Calidad de semillas**

Delouche (1971), menciona que la calidad de la semilla es el producto de la historia de un cultivo con sus respectivos factores que determinan su calidad tales como la calidad genética, la contaminación en el campo con el polen de variedades afines, las condiciones bióticas durante la precosecha, la forma de cosecha, el secado de las semillas, la forma de efectuar el acondicionamiento, las condiciones del almacenamiento, la edad de la semilla, la uniformidad del lote de las semillas y la selección del suelo para la siembra.

La calidad es el conjunto de atributos que caracterizan a un lote de semillas; término compuesto que se refiere a múltiples características físicas y fisiológicas que determinan su valor. Por esta razón los tecnólogos en semillas han establecido procedimientos o técnicas normalizadas de análisis para la evaluación de los diferentes componentes de calidad (Sánchez y Ferguson, 1986).

El concepto de calidad de semillas es complejo pero alude fundamentalmente a tres factores: viabilidad, potencial de germinación y vigor

del lote de semillas (Gianfelici, 2003). Sin embargo Poulsen (1993) al definir semilla de calidad, refirió que el porcentaje de germinación no es suficiente para expresar la calidad de la semilla debido a que también implica calidad genética y aspectos de calidad fisiológica además de la germinación.

Hampton (1995), aludió que a medida que declina la calidad de un lote de semillas, merma el porcentaje de plántulas normales y se incrementa el número de plántulas anormales y/o de semillas muertas.

Cuando se mantienen ciertas características básicas en las semillas, estas le generan una calidad determinante, entre las cuales se encuentran la calidad genética, sanidad, pureza, contenidos de malas hierbas, poder germinativo, contenido de humedad, peso por mil granos y peso volumétrico; así como la integridad física o ausencia de daño mecánico, ausencia de dormancia y composición química; resumiendo estas características se han agrupado en 4 componentes como genético, fisiológico, sanitario y físico (Flores, 2004).

Por otra parte la calidad de una semilla se le ha asignado como la suma de los atributos genéticos, físicos, biológicos y sanitarios que llevan a producir plántulas exitosas cuando se les brindan las condiciones necesarias (Ciotti *et al.*, 2006).

La calidad de las semillas en si son un conjunto de cualidades deseables que deben tener para el establecimiento de plantas vigorosas, obteniéndose cultivos con altos rendimientos; y para esto se requiere involucrar un proceso de

manejo del potencial genético a través del mejoramiento y mantenerlo a través de la producción y poscosecha, para lograr como producto final una semilla de alta calidad (Peralvo, 2008).

De acuerdo a lo antes expuesto, al contar con semillas de buena calidad, permitirá a los productores o personas del campo obtener plantaciones uniformes con crecimientos y desarrollos normales, con mayor resistencia al ataque de plagas y enfermedades, que se verá reflejada en una buena cosecha.

### **Concepto de Germinación**

Para que la germinación se realice, autores como Hartmann y Kester (1971) indicaron que es necesario que la semilla sea viable, que disponga de temperatura, aireación y humedad adecuada, logrando destruir los bloqueos fisiológicos presentes que impiden el proceso de la germinación.

Por su parte Duffus y Slaughter (1985) definieron a la germinación como el proceso de cambio de una pequeña estructura inactiva que vive con abastecimiento mínimo, a una planta que crece activamente, destinada a llegar a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva de la semilla se terminen.

También se le ha conocido como el inicio de activación del crecimiento de

una espora, semilla, yema u otra estructura (Raven *et al.*, 1991 b).

Moreno (1996) estipuló que la germinación se conoce como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad de la semilla para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

Según Wallace *et al.* (2003) la germinación es el comienzo del crecimiento de una semilla, una reanudación de la actividad metabólica, el desadormecer del embrión, alguna vez activo y ahora latente.

Es el término en porcentaje, de las semillas puras obtenidas en el análisis de pureza física que producirán plantas normales, tanto en ambientes que se encuentren en laboratorio como en condiciones ideales para la germinación de dicha especie, pero no todas las semillas que germinan en el laboratorio (condiciones controladas), se convertirán en plantas cuando estén sembradas en el campo, donde las condiciones son, seguramente más adversas que aquellas sobre las cuales fueron sometidas las semillas en el laboratorio (PROSEMILLAS, 2002).

Otra definición sobre germinación se dice que es la sucesión secuenciada de eventos morfogénicos, tales como imbibición del agua, actividad enzimática, iniciación del crecimiento del embrión, ruptura de la cubierta de la semilla y emergencia de plántula y el establecimiento de plántulas; que resultan

en la modificación de un embrión en una plántula. Dicho proceso abarca la división y expansión celular y la formación de órganos de la planta, como hojas, tallos y raíces (Flores, 2004).

En relación a la importancia de la germinación, se concluye que las semillas de leucaena presentan algunas desventajas como germinación lenta, obligada a una latencia causada por inhibidores de crecimiento, o por la presencia de la cutícula impermeable al agua y al oxígeno, lo que causa variación en la germinación (Sánchez y Ramírez, 2005).

### **Factores que Impiden la Germinación**

Devlin (1982), Bidwell (2002) y UPV (2003) han hecho referencia acerca de los principales mecanismos o factores internos y externos que logran impedir la germinación en las semillas, mencionándose a continuación los siguientes:

#### **Factores Ambientales o Externos**

**Luz:** Las exigencias específicas, hacen que la germinación tienda a variar, ya que algunas requieren de mayor o menor cantidad para germinar, de lo contrario actuaría como inhibidora; además existe una relación con la respuesta del fotoperíodo en las alternancias de períodos de luz y oscuridad en los días largos y cortos; en este último se induce el letargo en especies leñosas; en ambos el fotoperíodo se percibe en las hojas, pero en las yemas y el ápice se

inicia la respuesta de una germinación positiva o negativa. De esta manera *el efecto de la imbibición, el efecto de inversión y el factor tiempo* son muy considerados en las respuestas de las semillas en la luz roja.

**Temperatura:** En cuanto a este requerimiento específico se ha descrito que tiene mucha importancia en la prolongación o interrupción del reposo; donde algunas requieren de un tiempo de preenfriamiento en ambiente húmedo antes de ser llevada a un lugar especial para que germinen. Las exigencias de frío varían con la edad de las semillas; esto sustituye a la necesidad de la luz roja especialmente en semillas de lechuga.

**Humedad:** Es uno de los primeros pasos y el más importante para que de inicio la semilla absorba el agua, rehidrate sus tejidos y se active para recuperar su metabolismo, dando comienzo a la germinación.

El agua al entrar al interior de la semilla, genera una diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que le rodea, y cuando la radícula emerge, es porque el agua llegó al embrión a través de las paredes celulares de la cubierta seminal; pero un exceso de la misma actuaría desfavorablemente para la germinación, ya que dificulta la llegada de oxígeno al embrión.

### **Factores Internos**

**Cubierta seminal dura:** Es una característica que mantiene el reposo por tres caminos: impide el paso del agua a la semilla, limita tanto el intercambio

gaseoso, así como el crecimiento del embrión inmaduro.

En la negación del paso de agua en la semilla, se presenta especialmente en familias de leguminosas, ya que poseen en su mayoría cubiertas duras e impermeables de tipo céreo, carácter que puede ser heredable o determinado por las condiciones ambientales.

La limitación de la entrada de gases a la semilla, es un fenómeno bastante extraño, debido a que algunas semillas son permeables al agua, pero son impermeables a los gases, tal vez puede ser probable a que la limitante del oxígeno retarde la actividad metabólica hasta bloquear la germinación o que también una concentración elevada pueda estimular la germinación.

Respecto a la limitación mecánica del crecimiento del embrión, la cubierta seminal puede ser permeable al agua y al oxígeno, pero la semilla puede continuar en letargo; pero a la vez se puede eliminar por medio de una estratificación.

**Embrión inmaduro:** Muchas veces la semilla no llega a germinar por el desarrollo parcial del embrión; pero al formarse completamente comienza su germinación, esto es muy común en familias como Orquidáceas, Orobancháceas, Fraxinus y Ranunculus; por lo que la semilla al encontrar un medio favorable tenderá a su desarrollo.

**Posmaduración:** En muchas plantas, las semillas no logran germinar de inmediato, pero sí después de encontrar condiciones normales, durante este tiempo solo existe una mínima actividad fisiológica.

**Presencia de inhibidores:** Estos pueden encontrarse en las pulpas o frutos de las semillas, cubierta seminal, endospermo, embrión, en estructuras que cubren las semillas; así como en las glumas de los granos de avena; dentro de los más conocidos están la cumarina y el ácido parasorbico, entre otros.

Este fenómeno de igual forma puede deberse a la baja concentración del etileno.

### **Latencia**

De acuerdo a una amplia investigación sobre la definición de latencia, sinónimo de reposo, vida latente, letargo y dormición; Camacho (1994) mencionó que es el estado en que se encuentra una semilla viable sin que germine, aún disponiendo de humedad adecuada para la imbibición, oxígeno, así como una temperatura de 10° C y 30° C.

La dormancia es un fenómeno que forma parte de un mecanismo natural en muchas especies vegetales que trae como resultado una incapacidad temporal de la germinación de semillas viables (PROSEMILLAS, 2002).



En otro apartado se dice que la latencia se detecta cuando la semilla no germina en condiciones de humedad y temperatura probadas como favorables para la especie considerada, y que puede aparecer de distintas maneras, en los tegumentos o en el embrión de las semillas (Loomis y Connor, 2002).

Una semilla latente es aquella que no tiene la capacidad de germinar en un específico momento bajo algunas combinaciones de factores ambientales (temperatura, luz/obscuridad, etc.) que en otros casos son favorables para su germinación (Baskin y Baskin, 2004).

Un fenómeno común en el reino vegetal, es la latencia de ciertas semillas que están vivas, pero que no germinan bajo ciertas condiciones favorables para otras semillas no latentes de la misma especie. Se manifiesta como una completa inhabilidad para germinar (latencia interna), donde algunas pueden necesitar cierta temperatura especial, condiciones de humedad y tratamientos especiales, lo que se llama latencia externa (Sierra, 2005).

El término “latencia” se refiere a una condición de una semilla viable que impide que ésta germine en presencia de los factores que normalmente se consideran suficientes para la germinación: temperatura adecuada, humedad y medio ambiente gaseoso. Una semilla viable es la que puede germinar en condiciones favorables, siempre que en su caso se elimine la latencia que pueda estar presente (Galiussi, 2006).

Los árboles y arbustos producen semillas y en algunos sus germinaciones pueden ser muy erráticas por causa del letargo que previene la germinación hasta que no se den las condiciones idóneas, debido a las cubiertas duras y leñosas que son protecciones que impiden la penetración de la humedad; otras son tan resistentes que al pasar por los ácidos de los estómagos de ciertos animales, aún no se permite la germinación, ya que poseen elementos químicos internos que provocan la latencia (Payeras, 2008).

### **Tipos de Latencia**

La clasificación de los modelos de latencia, se basaron en aquellas que tuvieran los mismos mecanismos inhibidores y exigencias para poder germinar, conociendo las causas y teorías, así como el efecto de condiciones ambientales y tratamientos en las semillas durmientes (Camacho, 1994). Este mismo autor señala que las causas de la dormición son: la impermeabilidad al agua, baja permeabilidad a los gases, resistencia mecánica al crecimiento del embrión, permeabilidad selectiva a los reguladores del crecimiento, bloqueos metabólicos, presencia de inhibidores, embriones rudimentarios, adquisición de mecanismos inhibidores.

Algunos autores como Hartmann y Kester (1988), Willan (1991) y Camacho (1994) han señalado que en las semillas existen los siguientes tipos de latencia.

## **Latencia Exógena o por la Cubierta de las Semillas**

**Física:** Existen varias leguminosas y un gran número de plantas de las familias anacardiaceae, cannaceae, chenopodiaceae, geranaceae, liliaceae, malvaceae, rhamnaceae y solanaceae, que son muy característico de una cubierta o testa impermeable al agua; donde el embrión permanece quiescente, encontrándose encerrado dentro de la cubierta impermeable que preserva a las semillas con bajo contenido de humedad por largo tiempo, aún con temperaturas altas.

**Mecánica:** Se presenta en las semillas que tienen testa o endospermo duro o cubiertas con endocarpio grueso y no permiten que el embrión se expanda durante la germinación. Puede que este factor no sea el único causante de la dormición, ya que en la mayoría de los casos se combina con una dormición fisiológica para retardar la germinación.

**Química:** En esta se produce y existe acumulación de sustancias químicas que inhiben la germinación en el fruto o en las cubiertas de las semillas. Algunos de los inhibidores de dormición física son los compuestos fenólicos, cumarina, cafeína, lactonas no saturadas, ácidos abcísicos, cinámico, cinhídrico, oxobenzoico, salicílico y algunos terpenos; estas sustancias permiten solubilidad en el agua.

## **Latencia Morfológica o Endógena**

Se presentan en familias de plantas como Azaleaceae, Araliaceae, Pinus,

Magnoliaceae, Peoniaceae, Ranunculaceae, así como en géneros Fraxinus, Ilex, Plantago y Viburnum, donde el crecimiento del embrión dentro de la semilla se detiene por no tener el desarrollo completo en la época de maduración, por lo que entonces presentan embriones rudimentarios. Sin embargo se favorece el crecimiento del embrión por las temperaturas cálidas, pero la respuesta se puede complicar por la presencia de otros mecanismos de letargo. Encontrándose así los siguientes:

**Rudimentarios:** Se encuentran en aquellas semillas cuyo embrión no es algo más que un proembrión embebido en un endospermo, al momento de la maduración del fruto; y la germinación se detiene por que existen inhibidores químicos en el endospermo que detienen la germinación.

**No desarrollados:** Son los embriones poco desarrollados cuando el fruto madura, y adquieren forma de torpedos, que llegan alcanzar un tamaño de hasta la mitad de la cavidad de la semilla.

### **Latencia Interna**

Se manifiesta al interior de los tejidos, creándose un control interno en la etapa de germinación que implica a dos fenómenos separados. El primero es el control ejercido por la semipermeabilidad de las cubiertas de las semillas, y el segundo es un letargo presente en el embrión que se supera con exposición a enfriamiento en húmedo. Este tipo de latencia se divide en:

**Fisiológica:** Resulta de bloqueos metabólicos en el embrión, sostenidos

por la baja permeabilidad de la cubierta a los gases, que manifiestan la incapacidad del embrión para crecer y atravesar las cubiertas, también se debe a que existen una baja en actividad enzimática, coenzimas y ácidos nucleicos; la germinación es impedida por un mecanismo fisiológico inhibitor conocido como el ácido abscísico, que puede estar presente en las cubiertas, los tejidos nutritivos y el embrión. Algunas especies donde se presentan estas características son en *Acer saccharum*, *A. pseudoplatanus*, *Fraxinus americana*, el duraznero y *Eleagnus angustifolia*.

**Intermedia:** Se presentan en aquellas plantas que habitan en lugares con inviernos fríos tales como Aceraceae, Pinaceae, Oleaceae, Rosaceae, entre otras, donde las exigencias de enfriamiento en húmedo impiden que la germinación se realice en períodos cálidos que se presentan en invierno. La maduración y dispersión se realiza a finales del otoño o verano, y pasan el invierno húmedas en el suelo, y la germinación se presenta en la primavera del año siguiente, ya que los efectos inhibidores se deben principalmente a las cubiertas de las semillas y los tejidos de almacenamiento circundante.

**Del embrión:** Se requiere de un período de enfriamiento en húmedo para llegar a la germinación y por la incapacidad del embrión separado de germinar con normalidad.

### **Latencia Combinada Morfofisiológica**

Se aplica a la combinación del subdesarrollo del embrión con mecanismos fisiológicos inhibidores fuerte.

## **Latencia Combinada Exógena – Endógena**

Son las diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena.

### **Tratamientos para Eliminar la Latencia**

Para lograr eliminar la latencia es necesario conocer primero el tipo de semilla, y luego escoger la técnica más adecuada; por tal motivo algunos investigadores como Patiño *et al.* (1983); Hartmann y Kester (1988) y Camacho (1994) especialistas en el fenómeno señalado, han mencionado los siguientes tratamientos.

#### **Estratificación**

Este método consiste en colocar las semillas embebidas de agua, en capas o estratos húmedos, usando como sustrato arena; donde los períodos de estratificación van a variar según sea la especie, superando las latencias provenientes del embrión, por que las cubiertas duras se debilitan. Es importante mencionar que existen dos tipos de estratificación, la fría si se realiza en invierno y la cálida en verano, y se requiere de un cierto tiempo.

**Cálida:** Las semillas se revuelven con algún sustrato, que puede ser turba, musgo o una mezcla de arena y estiércol, estos se ubican dentro de un recipiente y son llevadas a temperaturas mayores de 10° C, preferentemente se

recomienda una temperatura constante de 15 a 25° C o una que oscile entre 18 y 30° C. Se requiere que el sustrato no esté esterilizado, ya que es necesaria la actividad microbiana para que exista una respuesta positiva.

**Fría:** Consiste en poner a las semillas en un estado húmedo, permitiéndoles buena aireación con bajas temperaturas; esta última varía según la especie para eliminar la dormición. Son indispensables temperaturas que vayan desde los 0 a 10° C, estas se pueden obtener en lugares con clima frío o con equipo de refrigeración. Se recomienda darles un previo remojo en agua corriente a las semillas por un tiempo de 12 a 24 horas. En esta técnica se pueden aplicar cualquiera de los dos procesos:

**Enfriamiento sin Sustrato.** Las semillas previamente humedecidas y escurridas son colocadas dentro de bolsas de plásticos con grosor máximo de 0.9 mm, para permitir la aireación, sin exceder de los 12 kg de semillas, y se recomienda cambiar las bolsas cada semana.

**Enfriamiento con Sustrato.** Se colocan las semillas rodeadas por algún sustrato como arena, musgo, perlita, vermiculita o turba, esta mezcla se pone en cajas o bandejas con perforaciones en el fondo y en la tapa, que permita buena aireación y drenaje y se colocan sobre una base.

### **Escarificación**

Es el proceso de romper, rallar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas seminales de las semillas que poseen dormición, para hacerlas

permeables al agua y oxígeno; a continuación se hace mención de las distintas formas de aplicarla.

**Mecánica:** Se requiere raspar la cubierta de las semillas con lijas o limas y perforarlas o quebrarlas con un martillo. Cuando se refiere a gran escala es indispensable utilizar maquinas especiales como tambores giratorios cubiertos en su interior con papel lija, o combinados con arena gruesa o grava. No obstante se considera que la escarificación manual es la que refleja mejores resultados. En la escarificación con aparatos se describen tres tipos para trabajar con lotes grandes y es importante mencionar que las semillas son más susceptibles al ataque de plagas.

Abrasión con material suelto. Se revuelven con piedras o arena y se permite una serie de giros dentro de un tambor, para esto se puede utilizar una mezcladora de concreto; al término de esto se procede a cribar la semilla.

Abrasión contra superficies. Se utilizan tambores forrados con papel lija, que permitan una rotación donde se utilizan motores con velocidad de giro entre 500 y 900 rpm.

Percusión. A través de un recipiente las semillas se sacuden fuertemente, golpeándose entre ellas y con las paredes del material.

**Física:** La latencia se logra perder cuando el agua penetra a la semilla, donde desaparece la impermeabilidad en alguna parte de la testa y las células



largas y estrechas del estrofiólo se separan por el impacto y calentamiento al romperse las estructuras y el tapón de la brecha chalazal.

Respecto a este tipo de escarificación se mencionan los siguientes tratamientos.

**Agua caliente:** Permite esterilizar las superficies de las semillas, donde el factor temperatura y tiempo determinan el efecto en la impermeabilidad y viabilidad. Este proceso se realiza en tres formas distintas, que son las siguientes.

**Vertimiento directo a la siembra:** Después de sembrar las semillas en almácigos, son puestas en costales de yute o algún material similar, vertiéndoles sobre ello el agua hirviendo; por lo que no existe un cierto control de temperatura y tiempo.

**Inmersión larga:** El agua se calienta en un recipiente hasta el punto de ebullición, luego es retirada del fuego y las semillas se sumergen, permaneciendo allí hasta enfriarse; se considera que la proporción del agua debe ser entre 4 a 10 veces mayor que el volumen de las semillas a tratar.

**Inmersión corta:** Se sumergen en agua dentro de una canastilla o un saco de malla a una temperatura controlada y cierto tiempo.

**Calentamiento en seco:** La temperatura se aumenta en las semillas por un tiempo determinado al colocarlas sobre una plancha térmica o dentro de un

horno por un período de 24 a 48 horas; y para acelerar este proceso es recomendable utilizar aire caliente y ventilación forzada.

**Química:** El objetivo principal es eliminar o inactivar los inhibidores presentes en las cubiertas de dicho material; por tal causa para lograr una buena germinación en especies que presenten este tipo de problema, se requiere usar ciertos tratamientos y agua en forma de remojos medidos en tiempo, siendo muy dependiente de los factores ambientales y de la propia semilla. De acuerdo a lo anterior se utilizan:

**Productos cáusticos:** Por lo general el más utilizado es el ácido sulfúrico concentrado, además de lejía y otros ácidos, que deberán estar acompañados de abundante provisión de agua corriente. Es importante considerar el aumento de la temperatura, la cual no deberá ser mayor de 30° C, ya que mataría a las semillas; la duración del tratamiento va a depender de la especie, manejando tiempos de 1 minuto hasta seis horas, para esto se utilizan el método de la pila y el de inmersión.

**Remojo:** También se le conoce como lixiviación de los inhibidores, por períodos continuos o alternantes con secados; las semillas se remojan en agua corriente cambiándose con frecuencia. Por otra parte el uso de agua fría aumenta la solubilidad del oxígeno en el agua, y la duración dependerá de la especie.

**Hormonas y estimulantes químicos:** Comercialmente se utilizan compuestos que sirven para estimular la germinación, entre los más usados

están el nitrato de potasio, tiourea, etileno, ácido giberélico (GA<sub>3</sub>), citokininas, entre otros; se emplean a diferentes concentraciones y distintos tiempos de remojo para cada especie.

### **Otros Tratamientos**

Salisbury y Cleon (1994) mencionaron que la escarificación es de importancia ecológica, ya que algunas semillas logran germinar cuando pasan por el tracto digestivo de algunas aves u otros animales, permitiendo con esto la dispersión; y que además el fuego, es otro medio natural que favorece la germinación ya que elimina el dosel vegetal que absorbe la luz roja, que inhibe o provoca un letargo.

Desde otro punto de vista sobre la *latencia endógena* se han llevado a cabo experimentos con los *rayos X*, *gamma*, *rayos lumínicos* de la zona roja del espectro y las *ondas sonoras* de alta frecuencia para estimular la germinación. Donde Bhumibhamon (1973) al hacer uso de estos tratamientos logró una buena germinación en algunas especies, como tectona; pero él mismo especifica que estos pueden inducir daños cromosómicos y otras anomalías. Sin embargo Lynn (1967) concluyó que respecto a la irradiación en semillas, hubo más efectos negativos que positivos, y por causa de esto no se puede recomendar la aplicación práctica de ninguno de estos métodos.

### **Semilla de la *Leucaena leucocephala***

Las semillas de la leucaena son de tamaño pequeño, planas, brillantes de color marrón oscuro, con una testa delgada y dura en forma de una gota que miden en promedio 8 mm de largo; contiene aproximadamente de 17,000 a 24,000 semillas por kilogramo (Zarate, 1987; Parrota, 2006).

Generalmente se liberan de vainas dehiscentes cuando se encuentran en el árbol, y pueden ser acarreadas a grandes distancias por el viento aún cuando las vainas están cerradas o parcialmente abiertas.

La semilla es ortodoxa, se puede acondicionar a una temperatura de 4° C, y almacenarse en recipientes herméticos, conservándose por periodos de hasta 5 años, de lo contrario pierde su viabilidad en menos de un año, el contenido de humedad inicial varia de 7 a 8 % y su germinación es epigea (Zarate, 1987; CATIE, 1991; Wightman *et al.*, 2006).

Los meses de diciembre y febrero son los óptimos para la colecta de frutos, puesto que presentan una coloración castaño, posterior a estas fechas puede ser atacada principalmente por psilidos como *Heteropsylla cubana* (Salazar *et al.*, 2000).

## La Formación de la Semilla de la Leucaena

El guaje se ubica dentro de la división de las angiospermas, y ha sido descrito como una dicotiledónea.

Por tal razón Raven *et al.* (1991 a) logró explicar detalladamente cada una de las etapas de la formación de la semilla en las angiospermas, la cual describe a continuación:

### Microsporogénesis y Microgametogénesis

La microsporogénesis es la formación de micrósporas dentro de los microsporangios, o sacos polínicos de la antera, y la microgametogénesis es el proceso de desarrollo de la micróspora hasta convertirse en microgametófito, o grano de polen. Al interior de la antera hay cuatro tipos de células fértiles, o esporógenas, cada una rodeada de capas de células estériles, que luego se transforman en saco polínico, incluyendo a las células nutritivas o (tapetes) que aportan nutrientes a las micrósporas; las esporógenas se convierten en microsporócitos y se divide por meiosis, generando una tétrada de micrósporas haploides, y culmina con la formación de micrósporas unicelulares.

Los granos de polen, desarrollan paredes, la externa llamada *exina* y la interna llamada *intina*, la primera está compuesta por la sustancia esporopolenina, es parte del tapete y de las micrósporas; los granos varían en

forma y tamaño, con un diámetro de 20 a 250 nanómetros, así como en número y disposición de poros germinativos, donde crece el tubo polínico.

Cuando los granos de polen se liberan, estos contienen dos o tres núcleos, como resultado de la meiosis, y en las esporas solo existe un núcleo. La *microgametogénesis*, empieza cuando la micróspora uninucleada se divide mitóticamente, formando dos células dentro de la pared original de la espora, la llamada tubo polínico y la generativa.

### **La Megasporogénesis y la Megagametogénesis**

La megasporogénesis es el proceso de formación de la megáspora dentro de la nucela (megasporangio); y la megagametogénesis es el proceso de desarrollo de la megáspora para convertirse en megagametófito.

El óvulo está compuesto por un pie en el funículo que soporta a la nucela envuelta por uno o dos tegumentos, durante el desarrollo es nucela, pero enseguida se forma una o dos capas que la rodean, dejando una abertura al extremo llamado micrópilo.

La nucela al interior da origen a un megasporócito diploide, este sufre meiosis y forma cuatro megásporas haploides, y se disponen en una tétrada alineada; luego tres se desintegran y se transforman en un megagametófito alejado del micrópilo.

La megáspora funcional se desarrolla a expensas de la nucela y el núcleo se divide mitóticamente en cuatro, cada uno sufre mitosis, y se dividen de nuevo. En la tercera división mitótica los ocho núcleos se disponen en dos grupos de cuatro, uno se sitúa cerca del extremo micropilar del megagametófito y al extremo opuesto la calaza, y uno de estos migra al centro de la célula octonucleada, conocidos como núcleos polares.

Los otros tres núcleos del extremo micropilar se organizan formando el aparato de la ovocélula, que consta de una ovocélula y sinérgidas; alrededor de los tres núcleos del extremo calazal, se forma la pared celular, que da origen a las antípodas. La célula central con los dos núcleos polares, es el gametofito femenino maduro o saco embrionario.

### **Polinización y Fecundación**

En la eclosión de las anteras, los granos de polen se transfieren a los estigmas, y este proceso es llamado polinización.

Durante el contacto los granos de polen absorben agua adicional del estigma, después germinan creando un tubo polínico; y si la célula germinativa aún no se ha dividido, lo hace en este momento integrando dos gametos masculinos, y cuando el grano de polen ha germinado con el núcleo del tubo polínico y dos gametos masculinos, dan origen a el microgametófito maduro.

El tubo polínico pasa al óvulo por el micrópilo, se introduce en una de las sinérgidas, que se degenera después de la polinización y antes de que el tubo polínico haya alcanzado el saco embrionario; se liberan dos gametos masculinos y el núcleo del tubo polínico que está dentro de la sinérgida por un poro subterminal. Finalmente se presenta la doble fecundación ya que uno de los núcleos del gameto masculino penetra a la ovocélula y el otro a la célula central, uniéndose a los dos núcleos polares, y a la unión del otro núcleo con los núcleos polares se le conoce como fusión triple, resultado de un núcleo del endospermo primario triploide.

### **Desarrollo de la Semilla y del Fruto**

Ocurren cuatro etapas, el núcleo del endospermo primario se divide y forma el endospermo, el cigoto se convierte en un embrión, los tegumentos se transforman en cubierta seminal; y la pared del ovario, así como otras estructuras dan origen al fruto.

Comienza la embriogenia o fase nuclear, sufriendo una secuencia de divisiones celulares; el embrión se transforma en un cuerpo esférico, y se diferencian los embriones monocotiledóneos y dicotiledóneos. A través de la división mitótica del núcleo del endospermo primario, se forma el endospermo, que sirve como fuente de nutrientes esenciales para el desarrollo del embrión, y estado de plántula; las reservas en las semillas son hidratos de carbono, proteínas y lípidos. Con la transformación del óvulo en semilla, el ovario y a



veces parte de la flor son transformados en fruto; y la pared del ovario o pericarpio, se engruesa, diferenciándose tres capas, la externa denominada exocarpo, la intermedia o mesocarpo y la interna llamada endocarpo.

### **Calidad de Semilla de la *Leucaena leucocephala***

La producción del material reproductivo de esta especie, requiere que sea de alta calidad genética, ya que con el uso de semillas mejoradas se garantiza un mayor rendimiento en plantaciones, mayor uniformidad y calidad de los productos. Por esta razón se han estudiado varias especies de leucaena, tales como *L. leucocephala*, *L. diversifolia*, *L. pulvurulenta*, *L. shannoni*, *L. trichodes*, en las que han sido consideradas sus procedencias al igual que los cruces intra e interespecíficos, con la finalidad de identificar el mejor material que sea más resistente a plagas y enfermedades, con buena producción de forraje, producción de leña, capacidad de rebrote y producción de biomasa.

Con énfasis a lo antes mencionado se recomienda recolectar semillas sólo de árboles mayores a tres años, que muestren buenas características de crecimiento, rendimiento y resistentes a enfermedades (CATIE, 1991).

Para obtener una mejor calidad en semillas de leucaena, es necesario que las vainas colectadas se pongan en un costal y sean golpeadas varias veces con algún objeto, hasta que se liberen completamente las semillas, las vainas vacías son retiradas, junto con la tierra y basura; luego se pasan a un tamiz o

colador de abertura menor al tamaño de las semillas y finalmente, se apartan las semillas eliminando las perforadas, deformes, corrugadas y negruzcas (INE, 2005).

El método más común para propagar esta especie es a través de semillas sexuales, pues permite obtener nuevos cultivares por la variabilidad genética, por lo que las plantas obtenidas presentan buen anclaje, son vigorosas y más longevas, entre otras características (Sánchez y Ramírez, 2005). Contemplando de esta manera que la semilla de alta calidad es un organismo vivo que presenta alto vigor debido a un buen establecimiento en el campo, permitiendo una población adecuada de plantas o buena germinación, libre de organismos patógenos, exenta de semillas de malezas, con una pureza física, permitiendo la expresión del potencial genético propio de la variedad.

La leucaena produce gran cantidad de semillas en casi todos los climas donde se presenta, con el inconveniente de que posee una latencia exógena, que resulta de un bajo porcentaje de germinación, por el endurecimiento de la capa superficial o testa, que no permite la entrada del oxígeno, luz y agua para el crecimiento del embrión.

### **Efecto de la Latencia en Semillas**

La presencia de semillas latentes fue descrita por Teofrasto hace 2,300 años, y se cree que fue descubierta desde el principio de la agricultura (Jurado

y Flores, 2005). Ellos han descrito que la mayoría de las especies vegetales atraviesan un cierto período de tiempo en estado de latencia o dormición; en el que el crecimiento de una planta completa u órgano vegetal queda temporalmente interrumpido.

Estos autores han aseverado que en las plantas superiores, algunos órganos como las semillas, yemas, tubérculos, rizomas o bulbos pueden entrar en estado durmiente; adaptabilidad que ha sido ampliamente estudiada especialmente en yemas y semillas.

La latencia se produce cuando las condiciones ambientales son adversas, también la han llamado latencia impuesta o quiescencia, como ocurre en las plantas de pradera y en algunas malas hierbas anuales en *Senecio vulgaris* y *Capsella bursa-pastoris*; o bien por causas propias del órgano con latencia innata o espontánea, como los árboles de zonas templadas.

Muchas veces se piensa que las plantas entran en estado de latencia instantáneamente, pero no es así, ya que esto lo alcanzan gradualmente, a lo largo de un determinado período de tiempo; la cual inicia con una fase de prelatencia, en la que todavía se puede reanudar el crecimiento aplicando ciertos tratamientos.

Después pasan a la fase de latencia total, donde no se puede reanudar el crecimiento y finalmente pasan al estado de salida de la latencia o conocido como post-latencia; cuando los órganos todavía no logran salir de la latencia, es

posible volverlos a la latencia total utilizando las condiciones ambientales apropiadas; con este cambio provocado la planta logra entrar a una latencia inducida o secundaria.

Ruiz *et al.* (2007) mencionan que la leucaena presenta problemas de latencia o dormancia exógena por sus cubiertas duras e impermeables, por la que es necesario aplicar tratamientos con ácidos, agua a diferentes temperaturas y escarificación mecánica para eliminar la impermeabilidad en la testa; con la finalidad de asegurar una germinación más rápida y uniforme.

En un experimento con leguminosas forrajeras se evaluaron diferentes métodos de escarificación para aumentar el porcentaje de germinación en semillas de *Humboldtiella ferruginea* y *Leucaena leucocephala*; se utilizaron semillas sin tratar, papel de lija, agua caliente con inmersiones de 5, 10 y 30 minutos, agua a ebullición con inmersión de 5, 10 y 30 minutos y H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 5, 10 y 20% imbibidas durante 10 minutos, después de un período se reportó que para la germinación en semillas de *H. ferruginea* alcanzó un 58.67% con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 5%, y en *L. leucocephala* los mejores resultados fueron obtenidos al ser tratadas con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> al 20% durante 10 minutos e imbibición con agua caliente durante 30 minutos, con un 61 y 54.48%, respectivamente (Razz y Clavero, 1996).

Fariñas *et al.* (1997) al trabajar con especies de *Centrosema*, aplicaron escarificación química en semillas de *C. brasilianum* y *C. macrocarpum*, utilizaron dos experimentos por separado, uno con ácido sulfúrico concentrado

y el otro a baja concentración (ácido usado para batería, densidad 1.250 g/ml) en tiempos de 5, 10, 15 y 20 min; buscaron con esto incrementar el porcentaje de germinación; y los resultados obtenidos indicaron que para el ácido concentrado fue quién arrojó el mayor resultado con un 95.7 % por un tiempo de 10 min, mientras con el de baja concentración también resultó ser el mejor alcanzando un 27% durante 15 min, contra el testigo que obtuvo solamente el 10%.

Con la finalidad de incrementar el porcentaje de germinación al trabajar con la especie *Centrosema macrocarpum*, (Faria *et al.*, 1995) obtuvieron buenos resultados al utilizar ácido sulfúrico por 10 minutos, reportando así un 94.82%.

Así mismo Sanabria *et al.* (1997) al trabajar con escarificación térmica bajo laboratorio, manejaron distintos lotes de semillas de leucaena y emplearon cuatro métodos de inmersión en agua caliente, logrando reportar diferencias germinativas entre ecotipos, resaltando los tratamientos con inmersión en agua hirviendo por 5 y 10 minutos con porcentajes de 34 hasta 98 %; y de un 21 a 98 % para la inmersión de agua caliente en reposo por 5 min; lo que permitió un buen desarrollo radical de plántulas. Por esta razón aluden que esta técnica acelera efectivamente la germinación de las semillas de *L. leucocephala*, debido a su problema de impermeabilización en la cutícula.

Zulay (1996) y Antuna (2000) reportaron que la escarificación química por tiempos, es la más utilizada en especies de semillas duras, ya que disuelve,

agrieta y debilita las cubiertas permitiendo la entrada de agua y oxígeno al embrión; generalmente se usa ácido sulfúrico, y para el caso de las gramíneas forrajeras, el ácido disuelve la lemma y la palea de la cariósida, porque agrieta, debilita y adelgaza los tegumentos aumentando la permeabilidad.

Por su parte Atencio *et al.* (2003) al trabajar con semillas de acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) una especie de la familia Fabaceae, fue necesario someterlas a tratamientos pregerminativos químicos, físicos y mecánicos; logrando demostrar que al utilizar lija No. 80 por 20 minutos y la inmersión en agua a 80° C por 10 minutos, se reflejó el máximo resultado con un 92 y 84 % de germinación. Sin embargo el uso de ácido sulfúrico al 5 % por tiempo de 10 minutos, así como el remojo en agua durante 24 horas no fue favorable.

Durante el establecimiento de un trabajo enfocado a la eliminación de latencia en semillas con cubiertas duras e impermeables de mezquite, huizache y ahuehuate, Rivas *et al.* (2005) utilizaron métodos mecánicos como el de la licuadora, lija, químicos como el ácido sulfúrico y agua caliente; los cuales fueron puestos bajo una incubadora a 27° C, con esto obtuvieron bajos porcentajes de germinación en mezquite (*Prosopis sp.*), donde el máximo fue un 53 al usar licuadora doméstica por 30 segundos; quedando en último lugar el ácido sulfúrico concentrado con tiempos de 5 y 10 min con 27 y 43 %.

En el caso de semillas de huizache (*Acacia farnesiana* L.), los resultados

fueron superiores respecto a las semillas de mezquite, obteniéndose así un 100% de germinación en la escarificación con licuadora por 10 segundos, y un 27 % al utilizar papel lija por 30 minutos y ácido sulfúrico concentrado con 5 minutos de inmersión. Sin embargo para las semillas de ahuehuete (*Taxodium sp.*), los mejores resultados se reflejaron con la aplicación de ácido sulfúrico concentrado a 20 minutos, consiguiendo un 13 % (Rivas *et al.*, 2005)

Sánchez y Ramírez (2006) trabajaron con tratamientos pregerminativos en semillas de leucaena y cují (*Prosopis juliflora*), bajo vivero, logrando incrementar la germinación en un 91.5 % en la primer especie, y 29 % en semillas de cují, al sumergirlas por un tiempo de 10 min en agua caliente a 80° C; ellos consideraron que este tratamiento es muy positivo; ya que la semilla empezó a germinar al cuarto día, estabilizándose a los 20 días, con un buen desarrollo de plántulas en cuanto a altura y raíz.

En una investigación realizada bajo condiciones de invernadero en los Servicios Generales de la Universidad de Sevilla, España, al utilizar una temperatura constante de 23° C, y condiciones de iluminación por un período de 64 días en semillas de algunas especies de las familias *Fabaceae* y *Bignoniaceae*; se aplicaron técnicas de escarificación mecánica con lijado de la testa, ácido sulfúrico concentrado por 15 minutos; contra un testigo; las semillas fueron sembradas en cajas de Petri esterilizadas, sobre una capa de papel de filtro humedecido con agua destilada. Las pruebas obtenidas arrojaron que en las *Fabaceae* como *Caesalpinia spinosa*, *Haematoxylon campechianum* y

*Sophora secundiflora* se tuvo un 100 % de germinación con la escarificación mecánica y ácido sulfúrico; pero en las dos últimas especies existió una variación entre 70 y 80 % con este último tratamiento; sin embargo en *Leucaena glauca* se reflejó un 100 %. Contrario a la otra familia los mejores resultados se obtuvieron con el testigo alcanzando el 100% en especies como *Jacaranda ovalifolia* y *Tecoma stans* (Rossini *et al.*, 2006).

Con la finalidad de evaluar la capacidad germinativa en semillas de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham, en la Estación Experimental y de Producción Agrícola “Rafael Rangel” en el estado Trujillo, Venezuela, Medina *et al.* (2007) afirmaron que para el caso de la leucaena fue necesario aplicar un tratamiento de escarificación, sumergiendo las semillas en agua caliente a 80° C por dos minutos, debido a la dureza de la cubierta de la semilla que la hace impermeable al agua. Enseguida pudieron reafirmar que la emergencia de las plántulas se presentó a los 3 y 6 días para *M. oleifera* y *L. leucocephala*, posteriormente a los 30 días obtuvieron un 95 % de germinación para leucaena y 100% para *M. oleifera*.



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización**

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo bajo condiciones de laboratorio e invernadero en la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, a los 25° 22’ de latitud Norte y 103° 01’ de longitud Oeste, con altitud de 1742 msnm; clima templado cálido, temperatura media anual de 16° C y 376.2 mm de precipitación media anual (García, 1973).

El material genético utilizado fue semilla de *Leucaena leucocephala*, el cuál fue colectado en la región noreste de México (Montemorelos, Nuevo León) durante el mes de noviembre de 2007.

### **Metodología**

La semilla fue acondicionada manualmente, separando las vainas, semillas y basura; enseguida se estimaron sus dimensiones físicas y peso en gramos, homogeneizándose y separando 300 gramos de semillas con la criba número 12; estas se utilizaron para este estudio.

Los tratamientos evaluados en ambos ambientes fueron: T1: Testigo (sin tratamiento); T2: Escarificación (aparato escarificador manual con lija No. 36);

T3: Remojo en H<sub>2</sub>O por 48 horas; T4: H<sub>2</sub>O a 85° C por 10 minutos; T5: KNO<sub>3</sub> al 0.2 % por 10 minutos; T6: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> a 140 ppm por 30 minutos; T7: HNO<sub>3</sub> a 75 % por 10 minutos; T8: H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado por 5 minutos.

Bajo laboratorio, las semillas se sembraron en tacos de papel Anchor humedecido con agua potable.

Se etiquetaron y se metieron en bolsas de plásticos transparentes llevándolos a la cámara de germinación con temperatura de 25<sup>0</sup>± 1° C, por 14 días; aplicando riegos cada dos días.

En invernadero, se utilizó el sustrato comercial Peat-moos BM2 (70 %), previo a un humedecimiento fue puesto en charolas de unicel de 200 cavidades.

Se depositó una semilla por cavidad; las condiciones de temperatura al interior oscilaron entre 25° C a 30° C, con humedad relativa de 80 %, el riego se aplicó cada dos días.

### **Variables Evaluadas en Laboratorio**

#### **Capacidad de Germinación (C.G. %)**

Se obtuvo con el conteo a los 14 días, donde se consideraron solo las plantas normales.

### **Índice de Velocidad de la Germinación (I.V.G.)**

Parámetro realizado con los conteos al séptimo, décimo y décimo cuarto día; y se consideró una semilla germinada al presentar 4 milímetros de longitud de plántula o radícula, utilizándose para este cálculo la ecuación de Pill (1981):

$$IVG = \sum (D_i - D_j) / i$$

Donde:

IVG = Índice de velocidad de germinación

$D_i$  = Número de semillas germinadas en el día

$D_j$  = Número de semillas germinadas anterior al día del conteo

$i$  = Número de días al momento del conteo desde la siembra

### **Longitud de Plántula (L.P. cm)**

Se midió en todas las plántulas normales por cada uno de los tratamientos y repeticiones a los 14 días después de la siembra.

### **Longitud de Radícula (L.R. cm)**

Esta se midió en las mismas plántulas normales de la variable anterior, a los 14 días después de la siembra.

## **Variables Evaluadas en Invernadero**

### **Capacidad de Germinación (C.G. %)**

Esta variable fue obtenida a los 21 días, solo se contaron las plántulas normales emergidas sobre el sustrato.

### **Índice de Velocidad de Emergencia (I.V.E.)**

Se logró obtener a través de los conteos diarios de plántulas emergidas con 4 milímetros de longitud sobre la superficie del sustrato, hasta los 21 días.

Se utilizó la formula de (Maguire, 1962):

$$IVE = \sum \frac{No\ P/d}{d} + \dots + \frac{No\ P/d}{d}$$

Donde:

IVE = Índice de velocidad de emergencia

No P = Número de plántulas emergidas

d = días después de la siembra.

### **Longitud de Plántula (L.P. cm)**

Fueron tomadas al azar 10 plantas normales por repeticiones y tratamientos; se obtuvo a los 21 días después de la siembra.

### **Longitud de Radícula (L.R. cm)**

Esta se midió en las mismas 10 plantas antes mencionadas y se evaluó a los 21 días después de la siembra.

## Diseño Experimental

La información obtenida por cada variable estudiada se analizó mediante un diseño completamente al azar con 8 tratamientos y cuatro repeticiones, utilizando el paquete estadístico R 2.8.1, versión en español, el cual es un lenguaje computacional con acceso a una amplia variedad de técnicas para realizar cálculos, análisis estadístico y gráficas (Faraway, 2002).

El modelo lineal estadístico aditivo que se propuso fue (Steel y Torrie, 1986):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = respuesta de variable observada

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto de tratamiento

$\varepsilon_{ij}$  = distribución de los errores experimentales

$i$  = efecto de tratamientos

$j$  = efecto de repeticiones de tratamientos

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los análisis realizados con todas las variables y tratamientos evaluados, a continuación se presentan en el cuadro 4.1, los resultados obtenidos para cada una de las variables de calidad fisiológica, así como el vigor de la especie estudiada, con sus significancias estadísticas.

Cuadro 4.1. Concentración de medias de los parámetros evaluados en los tratamientos del experimento bajo condiciones de laboratorio e invernadero.

Trat.	CG (%)		IVG	IVE	LP (cm)		LR (cm)	
	LAB.	INV.	LAB.	INV.	LAB.	INV.	LAB.	INV.
<b>T1</b>	1 ns	15 ns	0.09 ns	0.39 ns	1.75 ns	2.24 ns	0.87 ns	5.77 ns
<b>T2</b>	98***	94***	7.22***	3.63***	11.01***	3.47***	7.08***	7.01***
<b>T3</b>	16***	25*	0.59**	0.61 ns	7.69**	2.33 ns	6.89***	5.99 ns
<b>T4</b>	60***	88***	1.62***	1.89***	7.24**	2.91***	7.97***	6.27 ns
<b>T5</b>	11**	12 ns	0.22 ns	0.30 ns	6.71**	2.28 ns	6.68***	7.07***
<b>T6</b>	3 ns	21 ns	0.09 ns	0.44 ns	2.28 ns	2.44*	1.58 ns	6.56*
<b>T7</b>	0 ns	20 ns	0 ns	0.43 ns	0 ns	2.56**	0 ns	7.04***
<b>T8</b>	18***	32***	0.58**	0.81**	5.21**	2.63***	2.81*	6.50*
<b>N.S.</b>	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>G.L.</b>	21	24	21	24	21	24	21	24
<b>R.M. (R<sup>2</sup>)</b>	0.92	0.97	0.94	0.97	0.67	0.91	0.86	0.57
<b>C.V (%)</b>	3.48	14.93	14.30	18.41	39.91	5.09	25.58	7.10

N.S.= Nivel de Significancia; GL= Grados de Libertad; CG= Capacidad de Germinación; IVG= Índice de Velocidad de Germinación; LP= Longitud de Plántula; LR= Longitud de Radícula; R.M.= Regresión Múltiple; C.V.= Coeficiente de Variación; \*\*\*= Altamente Significativo (0); \*\*= Altamente Significativo (0.001); \*= Significativo (0.05); ns = No significativo.

## Laboratorio

### Capacidad de Germinación (C.G. %)

Se observó, que las mejores respuestas en germinación, se dieron en los tratamientos del escarificador manual con lija número 36, para el T2; y con el agua a 85° C por 10 minutos para T4; que reflejan un porcentaje promedio de 98.00 y 60.00 (Figura 4.1); seguidos en menor proporción por T8, T3, T5, T6, T1, T7; en este último (ácido nítrico al 75 %, por 10 minutos), el porcentaje promedio fue cero, esto tal vez se debió a que la concentración dañó la calidad fisiológica de la semilla, ya que solo se presentaron plántulas anormales, por lo que no se consideraron en el análisis. Esto es congruente con lo referido por Ruíz *et al.* (2007), donde aseveran que al aplicar tratamientos con ácidos, agua a temperaturas y escarificación mecánica, se elimina la impermeabilidad de la testa de la semilla, asegurando una germinación más rápida.

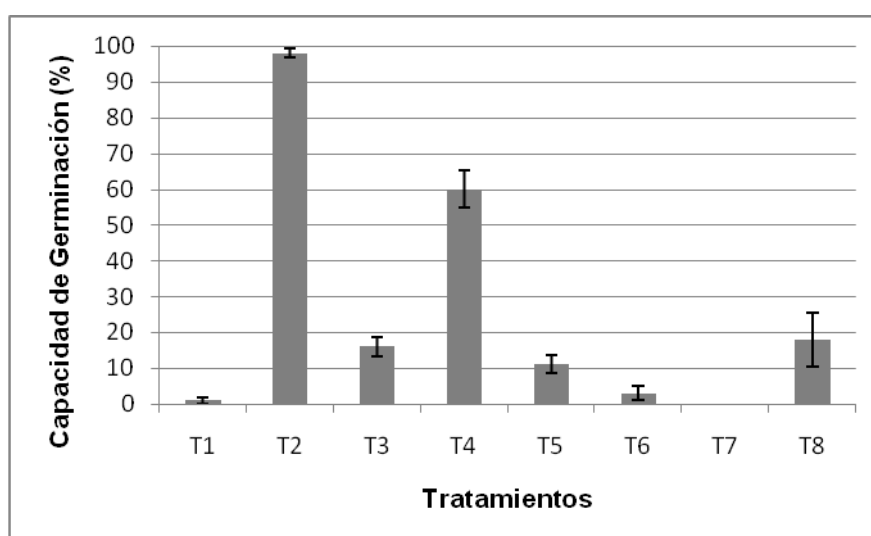


Figura 4.1. Comparación de medias de la capacidad de germinación en leucaena, bajo laboratorio.

Estos hallazgos son similares con lo reportado por Faria *et al.* (1995) en la especie de *Leucaena leucocephala*, quienes lograron obtener el mayor porcentaje de germinación con 73.79 %, con el tratamiento de papel lija # 400 por 15 minutos, seguido por la inmersión en H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado por 10 minutos con 72.55 %; y con el agua a 60° C durante 5 minutos y 10 minutos los promedios alcanzados fueron de 56.24 y 61.22 %.

Por su parte García y Martínez (1994), mencionan que las cubiertas seminales en semillas duras de especies de leguminosas, ejercen una restricción mecánica a la expansión de la radícula, por lo que es necesario aplicar algunos métodos de escarificación que permitan la imbibición con el oxígeno disuelto en el agua hasta llegar a el embrión, con lo que se genera una serie de metabolismos al interior aumentando la respiración y la movilización de reservas, que después permitirá la emergencia de la radícula. Además es importante mencionar que la temperatura es un factor decisivo por su capacidad de influir sobre las enzimas.



### Índice de Velocidad de Germinación (I.V.G.)

Para esta variable se detectó significancia, reafirmando que el mejor tratamiento fue T2 (escarificador con papel lija número 36), seguido del T4 (agua a 85° C por 10 minutos), que alcanzaron los mejores promedios con 7.22 y 1.62 valores que representan el número de plantas normales por día, y es un parámetro importante a considerar en el vigor de las semillas; los tratamientos 1, 3, 8, 5, 6, 7, quedaron en menor proporción, donde este último (ácido nítrico al 75 % por 10 minutos) alcanzó un promedio de 0, lo cual se debió a que la sustancia química generó una intoxicación a la semilla, germinando plántulas anormales (Figura 4.2).

Por lo anterior se demuestra el gran efecto que produce la escarificación con lija y el agua a cierta temperatura.

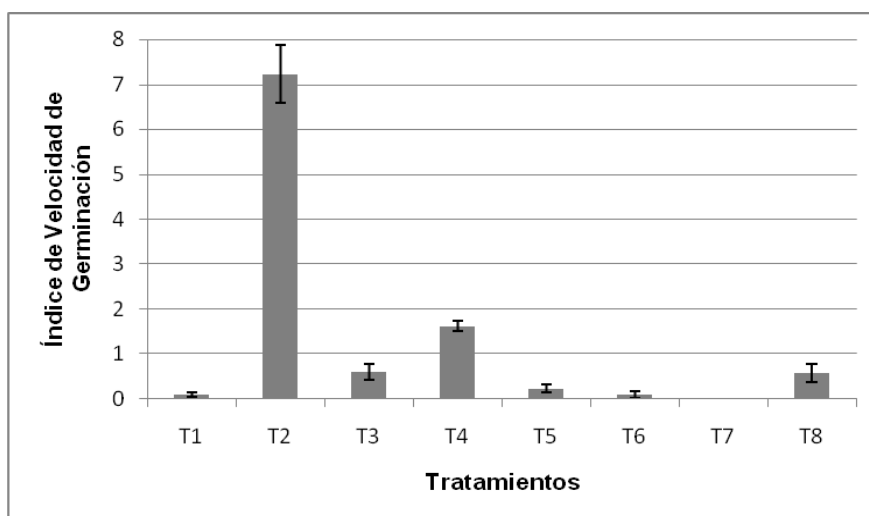


Figura 4.2. Comparación de medias del índice de velocidad de germinación en leucaena, bajo laboratorio.

Esto coincide con lo estipulado por Manjarrez (1996) quién logró obtener un incremento en el índice de velocidad de germinación al aplicar un escarificado, al igual que con la combinación de ácido giberélico de 1000 hasta 2000 ppm por 30 minutos en el pasto llanero (*Andropogon gayanus*), bajo condiciones de laboratorio.

El efecto de cualquier escarificación en el incremento del índice de germinación, también se debe a que cuando la semilla entra a la fase de hidratación, sus coloides celulares se dispersan e inician una serie de procesos enzimáticos a velocidades crecientes, siendo el incremento de la respiración una de las primeras consecuencias, ya que el embrión comienza a crecer; por lo que se desarrolla un aparato enzimático suficiente para obtener los monosacáridos y ácidos grasos, que se desdoblan del almidón y los lípidos (triglicéridos), Vicente (1976).

### Longitud de Plántula (L.P. cm)

Los resultados de la variable (L.P.) demuestran que los tratamientos de escarificado con lija número 36, en este caso T2, y el remojo en agua por 48 hrs, para T3, resultaron ser los mejores, con incrementos de longitud de plántulas de 11.01 y 7.69 cm (Figura 4.3), sin embargo las menores longitudes fueron para el testigo (T1), y ácido sulfúrico a 140 ppm por 30 min (T6), con 1.75 y 2.28 cm; al aplicar el ácido nítrico al 75 % por 10 minutos, la germinación fue muy anormal por lo que se obtuvo un valor de 0; esto indica que los factores ambientales como la luz, la temperatura y el medio de siembra tuvieron una interacción en el proceso fisiológico; por su parte Sánchez y Ramírez (2006) explican que al trabajar con semillas de *Leucaena leucocephala* y cují (*Prosopis juliflora*), bajo condiciones de vivero, lograron aumentar la germinación con un buen desarrollo de plántulas en cuanto altura y raíz, al utilizar una escarificación con agua a 80° C por 10 minutos.

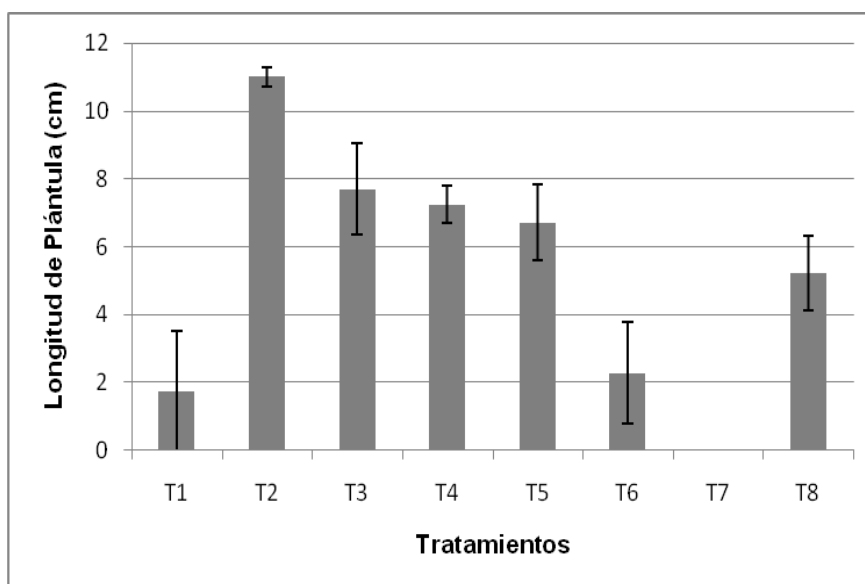


Figura 4.3. Comparación de medias de la longitud de plántula en leucaena, bajo laboratorio.

Las respuestas anteriores sobre la alteración física, química y mecánica en las semillas que permiten desgastar la estructura externa y eliminar las sustancias inhibidoras, juegan un papel preponderante en relación con el medio donde se encuentre, ya que si esta es favorable, el efecto se verá reflejado en el buen crecimiento de las plantas; por lo que a veces un cambio de pocos grados de temperatura, da lugar a un cambio significativo en la tasa de crecimiento; ya que cada especie o variedad en cualquier etapa posee una temperatura mínima por debajo de la cual no crece, una óptima a la que crece a una máxima velocidad y una máxima por encima de la cual la planta no crece, por lo que puede llegar a morir.

Además la latencia se elimina, dando lugar a la germinación cuando también se producen otros cambios específicos como la luz y las condiciones de almacenamiento (Salisbury y Ross, 2000).

### Longitud de Radícula (L.R. cm)

En lo que respecta a la longitud de radícula en esta especie, el análisis de varianza efectuado muestra diferencias altamente significativas entre los tratamientos; donde el mayor promedio correspondió al aplicar agua a 85° C por 10 minutos, en este caso el T4 con 7.97 cm, seguidos por la escarificación con lija número 36, en este caso T2 con 7.08; las menores longitudes se dieron en el testigo (T1) con 0.87 cm, luego por el ácido sulfúrico concentrado por cinco minutos, solo que en el ácido nítrico al 75 % por 10 minutos el valor fue de 0, porque daño la calidad fisiológica y el vigor de la semilla. Considerando el bajo efecto del T8, puede deberse a que el tiempo de inmersión fue muy corto, esto se puede apreciar en la Figura 4.4.

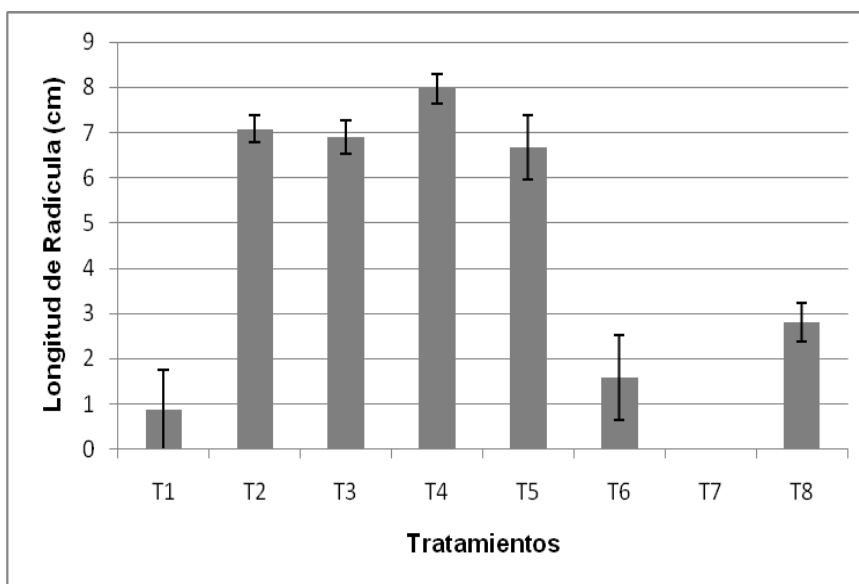


Figura 4.4. Comparación de medias de la longitud de radícula en leucaena, bajo laboratorio.

Esto concuerda con lo mencionado por Sanabria *et al.* (1997) quienes al trabajar con distintos lotes de semillas de *Leucaena leucocephala*, y al aplicar la escarificación térmica o agua hirviendo por 5 y 10 minutos, bajo laboratorio, lograron una germinación entre 34 y 98 %; y con la inmersión en agua caliente en reposo por 5 minutos, obtuvieron desde un 21 % hasta un 98 %; lo que permitió un buen desarrollo radicular de las plantas.

Aunado a lo anterior se comprueba que la cubierta de la semilla se ablanda con la incorporación de compuestos químicos, físicos y medios mecánicos, que en relación a una serie de factores como la humedad, el oxígeno, la luz y la temperatura, permiten rápidamente la imbibición, proceso que acelera la germinación y lo que favorece la rápida elongación de la raíz. Lo que concuerda con Bioenzimas (1989) que el uso de estimulantes como tratamientos en semilla durante la germinación contribuya a mejorar la calidad fisiológica y mantener el vigor, ya que beneficia la velocidad, así como la uniformidad de la germinación y emergencia, obteniendo mayor densidad de plantas, e influyendo en el desarrollo de una planta adulta.

## Invernadero

### Capacidad de Germinación (C.G. %)

Los datos estadísticos del análisis de varianza arrojados en esta variable, evidencian que el mejor tratamiento es para el escarificador manual con lija número 36 (T2), seguido por la aplicación del agua a temperatura de 85° C por 10 minutos, en este caso T4, y por el ácido sulfúrico concentrado por 5 minutos (T8), con 94, 88 y 32 por ciento de germinación (Figura 4.5); y el menor porcentaje de todos los tratamientos alcanzó un promedio de 12 %, que fue para el nitrato de potasio al 0.2 % por 10 min (T5).

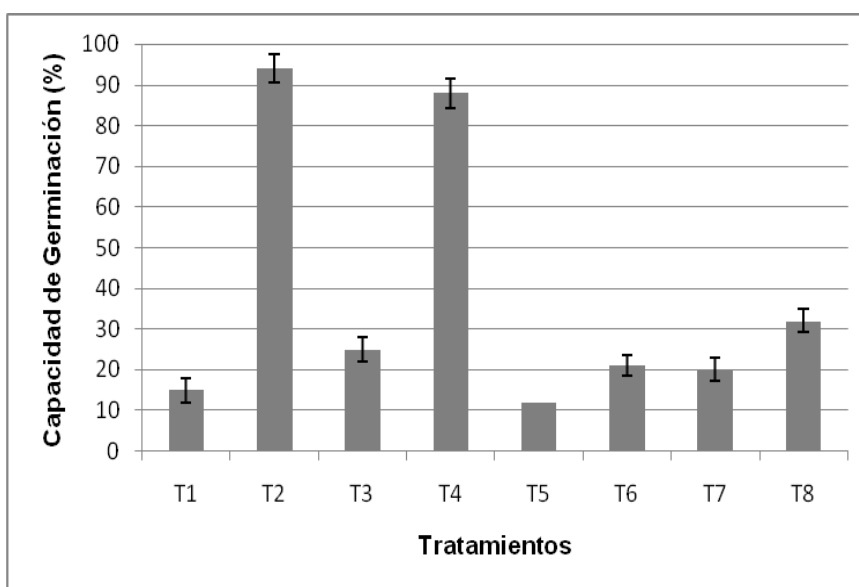


Figura 4.5. Comparación de medias de la capacidad de germinación en leucaena, bajo invernadero.

Lo anterior se compara con lo establecido por Rivas *et al.* (2005) quienes lograron obtener un 100 % de germinación en semillas de huizache (*Acacia*

*farnesiana* L.) al escarificarlas con licuadora por 10 segundos, seguido por un 27 % al utilizar papel lija por 30 minutos más ácido sulfúrico concentrado por 5 minutos de inmersión, que facilitó el proceso de germinación. Esto concuerda con lo estipulado por Atencio *et al.* (2003) quienes reafirman que al trabajar con semillas de Acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*), obtuvieron altos porcentajes de germinación a los 18 días después de la siembra, donde el mejor resultado fue al usar papel lija número 80 por 20 minutos y agua caliente a 80° C por 10 minutos, con valores de 92 y 84 %.

Evidentemente a las respuestas obtenidas, se trata de una dormición mecánica en la semilla, ya que al debilitar la testa por las roturas y ralladuras, o ablandamientos con los métodos físicos, químicos y mecánicos, se estimula la germinación (Camacho, 1994). Así de esta manera los inhibidores dejan de ser una barrera en la germinación al permitir la entrada del agua y el oxígeno.

Patiño *et al.* (1983) aseveran que la latencia se pierde cuando desaparece la impermeabilidad en alguna parte de la testa y las células largas y estrechas del estrofiólo se separan por el impacto y calentamiento al romperse las estructuras y el tapón de la brecha chalazal.



### Índice de Velocidad de Emergencia (I.V.E.)

Para esta variable se detectó significancia; reafirmando que los mejores promedios fueron obtenidos por el método del escarificador manual con lija número 36 (T2), seguido por la aplicación del agua a 85° C por 10 minutos (T4), y por el ácido sulfúrico concentrado por tiempo de 5 minutos (T8), con índices de 3.63, 1.89 y 0.81; en el T2, la emergencia se presentó desde los 3 hasta los 15 días; y para el T4 y T8 desde los 9 hasta los 21 días; con el nitrato de potasio al 0.2 % por 10 minutos (T5) se obtuvo un índice de 0.30; estos efectos tal vez se deben a los tiempos de inmersión y concentración de las sustancias, y a la interferencia de los ambientes en invernadero (Figura 4.6).

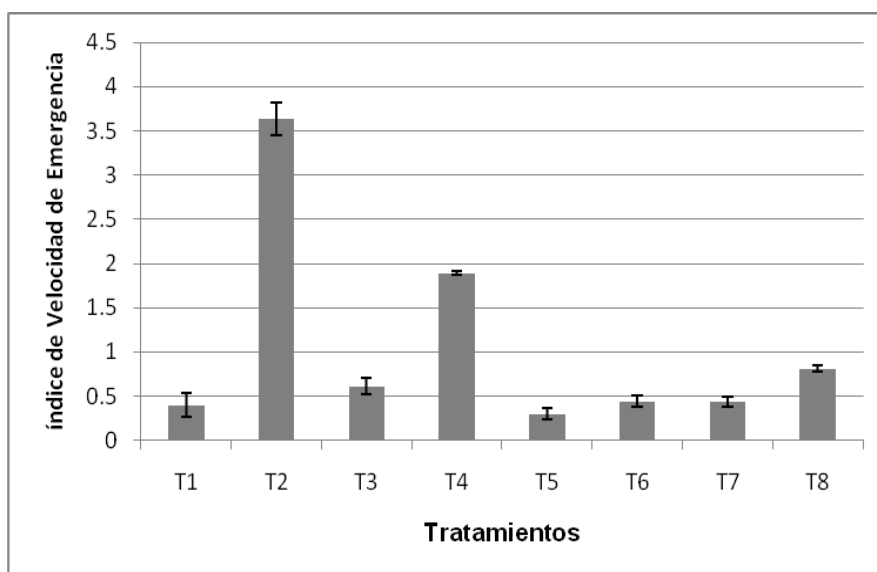


Figura 4.6. Comparación de medias del índice de velocidad de emergencia en leucaena, bajo invernadero.

La evaluación antes mencionada, coincide con lo realizado por Medina *et al.* (2007) quienes al trabajar con semillas de *M. oleifera* y *L. leucocephala*,

lograron un 100 % de germinación a los 30 días en la primera especie y 95 % en la segunda, al sumergirlas en agua a 80° C por dos minutos; lo que favoreció la emergencia de las plántulas a los 3 y 6 días; además mencionan que es necesario dicha escarificación por que las cubiertas de las semillas son impermeables al agua.

Además García y Martínez (1994) mencionan que las cubiertas seminales en algunas semillas, imponen una dormición, en la que interfiere con la captación del agua, y las capas de tejidos que rodean al embrión limitan el intercambio gaseoso de este con el exterior; así como la presencia de alguna capa mucilaginosa, lo que dificulta la entrada del oxígeno; la presencia de inhibidores internos o externos en la cubierta como el ácido abscísico y la restricción mecánica a la expansión de la radícula; que en conjunto impiden la germinación, pero que con la escarificación en la testa, permitirá la emergencia.

### **Longitud de Plántula (L.P. cm)**

En longitud de plántula, se presentaron diferencias significativas en los tratamientos; el lijado (T2) y agua a 85° C por 10 min (T4), permitieron los mayores crecimientos con 3.47 y 2.91 cm; en cambio al aplicar nitrato de potasio al 0.2 %, por 10 minutos (T5) y el testigo (T1) sin aplicación alguna, se obtuvo una menor respuesta con 2.28 y 2.24 cm; es importante aclarar que el ácido nítrico al 75 % (T7) expresó una respuesta muy favorable con un valor promedio de 2.56 cm, lo que tal vez se relaciona con una interferencia del ambiente como la luz, la obscuridad y temperatura en invernadero.

Esto se reafirma con lo establecido por Rossini *et al.* (2006) donde al trabajar en invernadero, encontraron que la escarificación mecánica con lija en la testa de semillas de Fabaceae como *Sophora secundiflora*, *Caesalpinia spinosa*, *Haematoxylon campechianum* y *Leucaena glauca*, reflejaron desde un 70 hasta un 100 % de germinación, donde la mejor respuesta fue para esta última especie.

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro general (Cuadro 4.1) y gráficamente en la figura 4.7, donde se tiene una mejor apreciación.

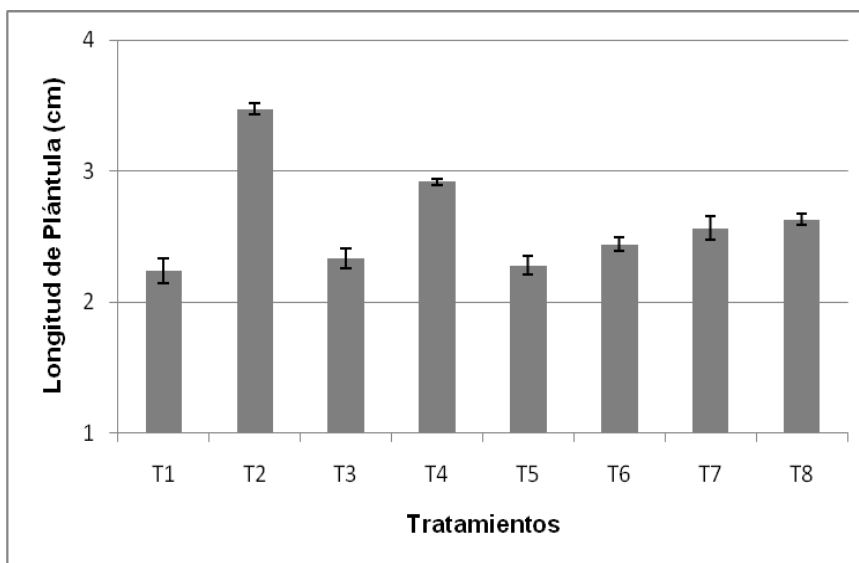


Figura 4.7. Comparación de medias de la longitud de plántula en leucaena, bajo invernadero.

Con estas técnicas de escarificación, las semillas obtienen mayor facilidad de la entrada del agua al interior y un intercambio gaseoso, que les permite acelerar el proceso de germinación. Por su parte Sierra (2005), explica que para eliminar la latencia externa, se necesita de una cierta temperatura, condiciones de humedad y tratamientos especiales.

Por lo tanto los factores externos más importantes como la humedad, la temperatura y la aireación, son muy indispensables para que el embrión pueda obtener la energía necesaria en sus actividades metabólicas; y el efecto global de las temperaturas alternas en el día y la noche, se verá reflejado una en la germinación y la otra en la fase de crecimiento de la plántula (García y Martínez, 1994).

### Longitud de Radícula (L.R. cm)

El análisis de varianza para (LR), indicó que existe diferencia en significancia en los tratamientos; la mejor respuesta se obtuvo al utilizar nitrato de potasio al 0.2 % por un tiempo de 10 minutos (T5) con un promedio de 7.07 cm, seguido por el T7 (ácido nítrico al 75 % por 10 min) y T2 (escarificador con lija número 36) con 7.04 y 7.02 cm, y los menores crecimientos fueron para el T3 (H<sub>2</sub>O por 48 hrs) y T1 (Sin tratamiento) con 5.99 y 5.77 cm. Esto coincide con lo referido por Valdez *et al.* (2005) donde al trabajar bajo invernadero, con semillas de *Atriplex canescens* y *A. nummularia*, aplicaron el nitrato de potasio al 0.2 % por 10 minutos y el remojo en agua por 48 horas, con lo que lograron obtener los mejores resultados en longitud de radícula, con promedios de 20.63 y 16.76 mm. En el gráfico de la figura 4.8, se observan cada uno de los tratamientos.

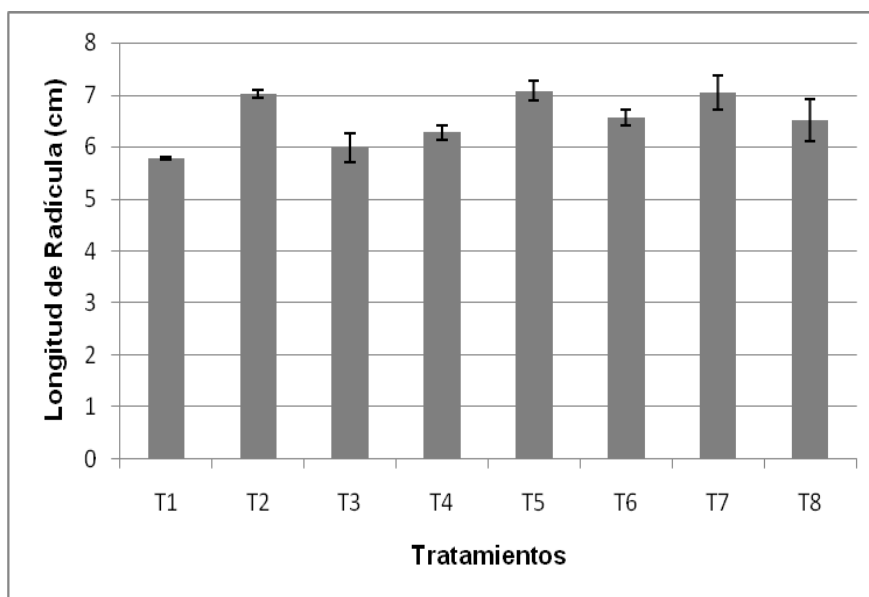


Figura 4.8. Comparación de medias de la longitud de radícula en leucaena, bajo invernadero.

Esto permite reafirmar que para alcanzar una buena germinación en semillas donde por naturaleza tienen problemas de latencia exógena o externa, es necesario aplicarles una escarificación para tener una mejor calidad fisiológica, rapidez, uniformidad e intensidad, que permita obtener un mejor desarrollo de las plantas y mayor rendimiento en campo; y dependiendo de lo utilizado esto se verá reflejado en alguna de las partes que componen a la plántula, ya que con el método mecánico se tiene mayor germinación y crecimiento del tallo.

La respuesta del ácido nítrico como tratamiento bajo este ambiente, se pudo deber a la temperatura, radiación y el efecto de la luz, ya que las plantas fueron muy normales y las raíces alcanzaron la mayor longitud.

Por lo antes expuesto, Vicente (1976) indicó que la emergencia de la raíz y el hipocótilo, representan desde un punto de vista macroscópico un aumento en la talla y peso de la planta, y desde el punto de vista microscópico, indica una diferenciación de células y tejidos con potencialidades fisiológicas, con funciones específicas, que permite el desarrollo del vegetal.

## CONCLUSIONES

Con base en los resultados logrados en laboratorio e invernadero; de acuerdo con los objetivos establecidos y la hipótesis planteada se concluye lo siguiente:

Al aplicar los tratamientos físicos, químicos y mecánicos bajo condiciones de laboratorio, las mejores respuestas obtenidas en las variables de capacidad de germinación (C.G %), índice de velocidad de germinación (I.V.G.), longitud de plántula (LP) y longitud de radícula (LR), fueron para el tratamiento 2, semillas escarificadas con el escarificador manual con lija No. 36 y el tratamiento 4 con agua a temperatura de 85° C por tiempo de 10 minutos.

Bajo condiciones de invernadero se utilizaron los mismos tratamientos, donde el tratamiento 2 (escarificador manual) obtuvo la mejor respuesta en las variables de germinación, índice de velocidad de emergencia y longitud de plántula; sin embargo para la longitud de radícula, se vio superado por el tratamiento 5, nitrato de potasio al 0.2 %.

La longitud media de plántula y radícula de la leucaena, en ambos ambiente se vieron afectadas por el ambiente y siembra.

Es posible ver que la escarificación química con ácido sulfúrico, no mostró efectos positivos, esto tal vez fue debido al corto tiempo de inmersión.

Para el caso del tratamiento 7, ácido nítrico al 75 % por 10 minutos, este tuvo efecto negativo bajo laboratorio ya que presentó una baja germinación con solo plantas anormales, y en condiciones de invernadero logró reflejar el menor porcentaje con plantas normales. Como trabajo futuro se sugiere aplicarlo a una menor concentración y con esto poder deducir si es conveniente o no el aplicarlo.

El inhibidor de la germinación en las semillas de *Leucaena leucocephala*, se encuentra en las cubiertas o testa, capa superficial impermeable al agua por su endurecimiento; por lo que se obtienen bajos porcentajes de germinación que no permite la entrada del oxígeno, luz y agua para el crecimiento del embrión.

En la especie *Leucaena leucocephala*, se recomienda usar el escarificador manual o mecánico, o en su caso la escarificación física en las semillas, ya que son benéficas para el rompimiento de latencia, lo que favorece el aumento de la germinación y vigor. Pues incrementa la producción en menor tiempo, para un establecimiento eficiente en las plantaciones, y además es de bajo costo.



## RESUMEN

Este trabajo de investigación se llevó a cabo bajo dos ambientes, uno bajo condiciones de laboratorio y bajo invernadero en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila. México, con el objetivo de conocer el efecto de tratamientos físicos, químicos y mecánicos que ayuden a eliminar la latencia e incrementen el porcentaje de germinación en semillas de *leucaena leucocephala*. Los tratamientos evaluados fueron testigo (T1); escarificador manual con lija número 36 (T2); remojo en agua corriente por 48 horas (T3); agua corriente a temperatura de 85° C (T4); nitrato de potasio al 0.2 % (KNO<sub>3</sub>) por 10 minutos (T5); ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a 140 ppm por 30 minutos (T6); ácido nítrico (HNO<sub>3</sub>) al 75 % por 10 minutos (T7) y ácido sulfúrico concentrado (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) por 5 minutos (T8). Estos dos experimentos fueron analizados bajo un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, donde se utilizó el paquete estadístico R 2.8.1 versión en español. Las variables estudiadas fueron capacidad de germinación (CG), índice de velocidad de germinación (IVG), longitud de plántula (LP) y longitud de radícula (LR). Los resultados del análisis estadístico resultaron ser de alta significancia; donde en la investigación en laboratorio, las respuestas más favorables fueron para la

escarificación con lija burda número 36 y el agua a temperatura de 85° C por un tiempo de 10 minutos, ya que fue donde se manifestó los mayores incrementos en cuanto a la capacidad de germinación, índice de velocidad de germinación, longitud de plántula y longitud de radícula. Para el trabajo en condiciones de invernadero, los mejores tratamientos fueron para el esscarificador manual con lija burda número 36 (T2) y el agua a 85° C por tiempo de 10 minutos (T4), donde se logró incrementar la capacidad de germinación, el índice de velocidad de emergencia, longitud de plántula y longitud de radícula.

Por lo que en ambos ambientes se obtuvieron aumentos en las respuestas de las variables evaluadas. Por lo anterior se pudo comprobar que la esscarificación mecánica y física son benéficas en la germinación en semillas de leucaena; no tanto así para el uso de sustancias químicas; con estas técnicas se favorece la entrada del agua al interior, lo que permite dar comienzo a la activación enzimática, con la salida del embrión, hacia el crecimiento de una nueva planta.

## LITERATURA CITADA

- Antuna, G. M. R. 2000. Métodos para el rompimiento de latencia en semilla de Zacate Navajita azul (*Bouteloua gracilis*). Tesis de Maestría en Tecnología de Semillas. UAAAN. Buenavista. Saltillo, Coahuila. México.
- Atencio, L., R. Colmenares, V. M. Ramírez y D. Marcano. 2003. Tratamientos pregerminativos en acacia San Francisco (*Peltophorum pterocarpum*) Fabaceae. Rev. Fac. Agron. Ene. 2003, vol.20, no.1. p. 63-71. Caracas. ISSN 0378-7818.
- Baskin, J. and C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Science Research 14:1-6.
- Bidwell, R. G. S. 2002. Fisiología Vegetal. Tercera reimpresión. Ed. Editor, S. A. México, D. F. pp. 569-581.
- Bioenzimas, S. A. de C.V. Suplemento especial 1979-1989. Saltillo, Coah. México. pp. 25.
- Bradbeer, J. W. 1988. Seed Dormancy and Germination. Published in the USA by Chapman and Hall New York.
- Brewbaker, J. and C. Sorensson. 1990. New tree crops from interspecific leucaena hybrids. In: Janick, J. and Simon, J. E. (Eds). Advances in new crops. Timber Press, Portland. pp. 283-289.
- Bhumibhamon, S. 1973. Seed problems in Thailand. En "Seed Processing" Proc. Symposium IUFRO Working Group on Seed Problems, Bergen, Vol. II, Paper 2.
- Camacho, M. F. 1994. Dormición de Semillas. Causas y Tratamientos. Primera edición. Editorial Trillas, S. A. de C. V. México, D. F. 117p.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 1991. Leucaena: *Leucaena Leucocephala* (Lam.) de Wit. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Programa de Producción y Desarrollo Agropecuario Sostenido (Centro Agronómico Tropical de Investigación y

Enseñanza). Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple. Área de Producción Forestal y Agroforestal. Costa Rica, ISBN 9977570868, 9789977570860. 52 p.

- Ciotti, E. M.; S. Altuve y F. Reyes. 2006. Calidad de semillas en *Stylosanthes guianensis* cv Graham. Universidad Nacional de Nordeste. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen: A-017. Catedra Forrajicultura-Facultad de Ciencias Agrarias. Sargento Cabral 2131 3400 Corrientes.
- Delouche, J. 1971. Determinants of seed quality. Seed technology laboratory. Missisipi. State University. USA. pp. 53-68.
- Devendra, D. 1999. Composition and nutritive value of browse legumes. In: Tropical Legumes in Animal Nutrition. Edited by Mello, P.F and Devendra. C. CAB International. pp. 30 -37.
- Devlin, R. M. 1982. Fisiología Vegetal. Cuarta edición. Ed. Omega, S. A. Barcelona. pp. 471-481.
- Duffus, E. y C. Slaughter. 1985. Las Semillas Y Sus Usos. Primera Edición. Ed. AGT. S. A. México, D. F. pp. 88.
- Espinoza, F. y J. Gil. 1999. Experiencias con *Leucaena leucocephala* en el Estado Cojedes. In: Chacón, E., Baldizán, A. y Fossi, H. (Eds). II Cursillo sobre recursos alimentarios para la producción de leche y carne en bovinos a pastoreo, San Felipe, Yaracuy. pp. 27-39.
- Faraway, J. J. 2002. Practical Regression and Anova using R. Chapman and Hall/CRC editors. 212 p. En línea: <http://cran.r-project.org/doc/contrib/Faraway-PRA.pdf> Consulta: Mayo de 2008.
- Faria, J., L. García y B. González. 1995. Métodos de escarificación en semillas de cuatro leguminosas forrajeras tropicales. Maracaibo, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ) 13: 573-579.
- Fariñas, M. J., V. D. Sanabria y S. R. Acuña. 1997. Nota Técnica. Escarificación Química de semillas de Tres especies de *Centrosema* para Sabanas bien drenadas. Apartado Postal 184, Maturin. Z.P. 6201, Monagas, Venezuela. Zootecnia Tropical vol. 15 (2): 221-237.
- Flores, H. A. 2004. Introducción a la Tecnología de las Semillas. Ed. UACH. Primera edición. México, D. F. pp. 65-67.
- García, E. 1973. Modificación al Sistema de Clasificación de Köppen para adaptarlo a las Condiciones Climáticas de la República Mexicana. 2ª Edición México. UNAM. 246 p.

- García, P. F. y L. J. B. Martínez. 1994. Introducción a la Fisiología Vegetal. Primera edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 155 -180.
- Galiussi, E. 2006. La siembra Boletín de Divulgación Técnica N 4. Área Dendrología. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata (UNLP). 5 p.
- Gianfelici, R. 2003. Calidad de Semillas: Advertencias sobre el maíz campaña 2003/04. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Estación Experimental Agropecuaria (INTAEEA) de Oliveros. En Línea: <http://www.elsitioagricola.com/gacetillas/oliveros/ol20030723/maiz.asp> Consulta: Enero de 2009.
- Gutiérrez, C. L. y L. J. Dorantes. 2004. Especies forestales de uso tradicional del estado de Veracruz. Potencialidades de especies con uso tradicional del estado de Veracruz, como opción para establecer Plantaciones Forestales Comerciales. CONAFOR - CONACYT - UV.
- Hampton, J. 1995. Methods of viability and vigour testing: a critical appraisal. In seed quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications (ed. A.S. Basra) pp. 112-152. Food Producís Press. New York.
- Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1971. Propagación de plantas, principios y prácticas. Trad. Marino. A. A. CECOSA, México. 809 p.
- Hartmann, H. T. y D. E. Kester. 1988. Propagación de Plantas. Ed. Continental, S. A. de C. V. México, D. F. 760 p.
- Instituto Nacional de Ecología (INE). 2005. IV. Estudio de caso. Reforestación productiva con leguminosas nativas, en el ejido de Amapilca municipio de Alcozauca, Guerrero. Periférico 5000, Col. Insurgentes Cuicuilco, C.P. 04530, Delegación Coyoacán, México D.F. Última Actualización: 31/03/2005.
- International Seed Testing Association (ISTA) 2004. International Rules for Seed Testing. ISBN 3-906549-38-0
- Jurado, E. y J. Flores. 2005. Is seed dormancy under environmental control or bound to plant traits? Journal of Vegetation Science 16: 559-564, 2005. © IAVS; Opulus Press Uppsala.
- Loomis, R. S. y D. J. Connor. 2002. Ecología de cultivos. Productividad y manejo en sistemas agrarios. Ed. Mundi-Prensa Libros. ISBN 8484760804, 9788484760801. 591 p.
- Lynn, M. 1967. Lonizing radiations in forest and forestry (excluding the use of

radio-active tracers). Forestry Abstracts 28 (1), Comm. For. Bureau, Oxford.

Martín, G. O. y E. E. Valdora. 2002. Producción: Forrajeras - *Leucaena leucocephala*: un árbol forrajero para el NOA. Cátedras de Forrajes y Silvicultura, FAZ, UNT. Revista Producción - InterNet Tucumán.

Manjarrez, S. M. 1996. La Escarificación de Semillas como medio de Romper Latencia en Especies de Gramíneas Forrajeras Tropicales. Tesis de Maestría en Tecnología de Semillas. UAAAN. Buenavista. Saltillo, Coahuila. México.

Maguire, J. 1962. Speed of germination - Aid in selection and evaluation for seedling emergency and vigor. *Crop Science* 2:176. USA.

Medina, G. M., D. E. García, T. Clavero y J. M. Iglesias. 2007. Estudio comparativo de *Moringa oleifera* y *Leucaena leucocephala* durante la germinación y la etapa inicial de crecimiento. pp. 83-93. *Zootecnia Trop.* v.25 n.2 Maracay. ISSN 0798-7269.

Moreno, M. E. 1996. Análisis Físico y Biológico de Semillas Agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. Tercera Edición. México, D. F. pp. 113.

Niembro, R. A. 1998. Semillas de Árboles y Arbustos. Ontogenia y Estructura. Ed. Limusa, S. A. de C. V. Primera edición. México, D. F. pp. 271.

Oficina Regional de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) 1998. Para América Latina y el Caribe. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales. Especies Arbóreas y Arbustivas para las Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina. *Leucaena leucocephala*.

Parrotta, J. A. 1992. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Leucaena*, tantan. SO-ITFSM-52. New Orleans, LA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 8 p.

Parrotta, J. A. 2006. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Leucaena*. Leguminosae Familia de las leguminosas. Mimosoideae Subfamilia le las mimosas. Artículo técnico. Agricultura. Cultivos Tropicales. Engormix.com Copyright © 1999-2009.

Patiño, F., P. De la Garza, Y. Villagomez, I. Talavera y F. Camacho. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. México

- D.F. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Subsecretaría Forestal. Boletín Divulgativo N° 63. 181 p.
- Payeras, A. 2008. Estratificación y escarificación de semillas de árboles. En Línea: <http://www.bonsaimenorca.com/index.php/2008022751/Estratificacion-de-Semilas.html> Consulta: Enero de 2009.
- Peralvo, D. 2008. Factores que Afectan la Calidad de la Semilla. Agrytec.com - Agronegocios y Tecnología en la Red. En Línea: [http://www.agrytec.com/index2.php?option=com\\_content&do\\_pdf=1&id=314](http://www.agrytec.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=314) Consulta: Febrero de 2009.
- Pill, W. G. 1981. Fluid Sowing of tomato seed influence of phosphorus additions to five gel. Vol. 6: 1.38-49. USA.
- Poulsen, M. K. 1993. Calidad de la Semilla. Concepto, medición y métodos para incrementar la calidad. En Línea: <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A0025S/A0025S03.pdf> Consulta: Febrero de 2009.
- Productora de Semillas (PROSEMILLAS). 2002. Memorias. "7º. Curso-Taller de Semilla de Pastos". Germipasto, S. A. La Ceiba, Honduras 10 al 13 de Abril.
- Raven, P. H., F. E. Ray y E. E. Susan. 1991 a. Biología de las plantas. Tomo I. Ed. Reverté, S. A. Primera edición. México, D. F. pp. 361-369.
- Raven, P. H., F. E. Ray y E. E. Susan. 1991 b. Biología de las plantas. Tomo II. Ed. Reverté, S. A. Primera edición. México, D. F. pp. 734-743.
- Razz, R. y T. Clavero. 1996. Métodos de escarificación en semillas de *Humboldtella ferruginea* y *Leucaena leucocephala*. Revista la Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. Rev. Fac. Agron. (LUZ): 1996,13: 73- 77.
- Rincón, S. F., Ruíz, T. N. A y Serrato, C. V. M. 1999. Semillas Transgénicas. X Curso de Actualización en Tecnología de Semillas. CCDTS-UAAAN.
- Rivas, M. G., C. G. González, C. C. M. Valencia, C. I. Sánchez y D. J. Villanueva. 2005. Morfología y escarificación de la semilla de mezquite, huizache y ahuehuete. Tec Pecu Mex 2005; 43 (3): 441-448.
- Rossini, O. S., B. Valdez, M.C. Andrés, C. F. Márquez y B. López. 2006. Germinación de las semillas en algunas especies Americanas de Fabaceae y Bignoniaceae cultivadas en Sevilla (Soespaña). Departamento de Biología Vegetal y Ecología, Facultad de Biología. Universidad de Sevilla, Apto 1095, 41080 Sevilla. Lagasalia 26: 119-129.

- Ruíz, T. E., G. Feble, E. Castillo, H. Jordan, G. Crespo, N. Valencia y H. Díaz. 2007. La Experiencia Cubana en la Agronomía y Manejo de *Leucaena leucocephala*. Instituto de Ciencia Animal. Apartado Postal No. 24, San José de las Lajas. La Habana Cuba. En línea: [http://www.cipav.org.co/reda\\_grofor/memorias99/RuizTE2.htm](http://www.cipav.org.co/reda_grofor/memorias99/RuizTE2.htm) Consulta: Enero de 2009.
- Salazar, R., C. Soihet y J. M. Méndez. 2000. Manejo de Semillas de 100 especies Forestales de América Latina. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Proyecto de Semillas Forestales-PROSEFOR. Serie Técnica. Manual Técnico No. 41. Turrialba, Costa Rica.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 2000. Fisiología de las plantas 3. Desarrollo de las plantas y fisiología ambiental. Ed. Paraninfo, S. A. México, D. F. pp. 741-765.
- Salisbury, B. F. y W. R. Cleon. 1994. Fisiología Vegetal. Cuarta edición. Ed. Iberoamérica. México, D. F. pp. 549-550.
- Sanabria, D. V., S. R. Acuña, Alfaro, C y M. Oliveros. 1997. Nota Técnica. Escarificación térmica de semillas de accesiones de *Leucaena leucocephala*. Apartado Postal 184. Maturín, Z.P. 6201, Estado Monagas, Venezuela. Zootecnia Tropical, 15 (1): 67-80. 1997.
- Sánchez, M. y J. E. Ferguson. 1986. Medición de Calidad en Semillas de *Andropogon gayanus*. Revista Brasileira de Sementes, vol. 8, no 1. pp. 9-28.
- Sánchez, P. Y. y V. M. Ramírez. 2006. Tratamientos pregerminativos en semillas de *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. y *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. Universidad del Zulia. Facultad de Agronomía. Estado Zulia. Maracaibo, Venezuela. Apartado 15205. ZU4005. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 23: 257-272.
- Shelton, M. 2001. Potencial de limitación de *Leucaena* spp, para uso en sistemas silvopastoriles. En: Sistemas agroforestais pecuarios upcoes de sustentabilidade para areas tropicais e subtropicais. FAO. EMBRAGA. pp. 379-398.
- Sierra, P. J. O. 2005. Fundamentos Para el establecimiento de Pasturas y Cultivos Forrajeros. Segunda edición. Editorial Universidad de Antioquía. Pp: 132-133. En Línea: [http://books.google.com.mx/books?id=rbezH\\_133&lpg=PA133&dq=Autor++Sierra+2005+latencia&source=bl&ots=\\_5ec7MkR3h&sig=1Tk9bDnHjyp1t2oZM5bqrOYfjk&hl=es&ei=khKoSevDElr2sAOinL3mDw&sa=X&oi=book\\_result&resnum=10&ct=result#PPA136,M1](http://books.google.com.mx/books?id=rbezH_133&lpg=PA133&dq=Autor++Sierra+2005+latencia&source=bl&ots=_5ec7MkR3h&sig=1Tk9bDnHjyp1t2oZM5bqrOYfjk&hl=es&ei=khKoSevDElr2sAOinL3mDw&sa=X&oi=book_result&resnum=10&ct=result#PPA136,M1) Consulta: Enero de 2009.



- Steel, D. G. R. y H. J. Torrie, 1986. Bioestadística. Principios y Procedimientos. Primera Edición. Ed. McGraw- Hill. México, D. F. pp. 603.
- Sosa, M. S., L. O. Cáceres y F. Ana. 2000. Valor nutritivo del heno de árboles leguminosos *Leucaena leucocéphala* cv. CNIA - 250. Pastos y Forrajes "Indio Hatuey ", abril - junio. 2 (23): 155 - 158.
- Universidad Politécnica de Valencia (UPV). 2003. Parte:III. Tema 17: Germinación de Semillas. En Línea: [http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema\\_17.htm](http://www.etsmre.upv.es/varios/biologia/Temas/tema_17.htm) Consulta: Enero de 2009.
- Valdez, O. A.; Ceballos, R. I., Torres, T. A., Facio, P. F y Arce, G. L. 2005. Tratamientos para Romper la Latencia en semilla de dos especies de *Atriplex* Bajo Condiciones de Laboratorio e Invernadero. Revista Agraria Nueva Epoca. No. 3. V.2, año II.
- Vicente, C. C. 1976. Fisiología vegetal. Editorial H. Blume. Primera edición. Madrid, España. pp. 1-63.
- Wallace, R. A., J. L. King y G. P. Sanders. 2003. Plantas y Animales. La ciencia de la vida. Primera reimpresión. Ed. Trillas, S. A. de C. V. pp. 65-73.
- Wightman, K. E., P. J. Cornelius y G. L. J. Ugarte. 2006. ¡Plantemos maderal! Manual sobre el establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones maderables para productores de la Amazonía peruana. World Agroforestry Centre (ICRAF). ICRAF Technical Manual No. 4. World Agroforestry Centre – Amazon Regional Programme. CIP-ICRAF. Avenida La Molina 1895. Apartado 1558. Lima 12. Peru. ISBN: 92 9059 200 1
- Willan, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Estudio FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) Montes 20/2. Para el Centro de Semillas Forestales de DANIDA. Roma, © FAO 1991M-31 ISBN 92-5-302291-4. 510 p.
- Zarate, S. 1987. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit subsp. *glabrata* - MIMOSACEAE (Rose). *Phytologia* 63 (4): 304-306. 1987.
- Zulay, F. V. 1996. Efecto del almacenamiento sobre la calidad de semillas de (*Brachiaria dictyoneura*). *Zootecnia Tropical*, 14 (2): 113-131.

## APÉNDICE

Cuadro 8.1. Análisis de varianza en la capacidad de germinación en leucaena, bajo laboratorio.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc.	Ft 0.05
Tratamientos	6	273.625	45.604	42.949	1.010e-10 ***
Error	21	22.298	1.062		
C.V. %: 3.484619					

Media: 29.57 S: 1.03

Nivel de Significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

C.V. = Coeficiente de Variación; S: Desviación Estándar.

Cuadro 8.2. Análisis de varianza en el índice de velocidad de germinación en leucaena, bajo laboratorio.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc.	Ft 0.05
Tratamientos	6	17.8095	2.9683	65.089	1.767e-12 ***
Error	21	0.9577	0.0456		
C.V. %: 14.30128					

Media: 1.4932 S: 0.2135

Nivel de Significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

C.V. = Coeficiente de Variación; S: Desviación Estándar.

Cuadro 8.3. Análisis de varianza en la longitud de plántula en leucaena, bajo laboratorio.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc.	Ft 0.05
Tratamientos	6	249.977	41.663	7.2944	0.0002608 ***
Error	21	119.944	5.712		
C.V. %: 39.91960					

Media: 5.987 S: 2.39

Nivel de Significancia: 0 \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

C.V. = Coeficiente de Variación; S: Desviación Estándar.

Cuadro 8.4. Análisis de varianza en la longitud de radícula en leucaena, bajo laboratorio.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc.	Ft 0.05
Tratamientos	6	211.258	35.210	22.919	3.366e-08 ***
Error	21	32.261	1.536		
C.V. %: 25.58952					

Media: 4.844 S: 1.239

Nivel de Significancia: 0 \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 \* 0.1 ' ' 1

C.V. = Coeficiente de Variación; S: Desviación Estándar.

Cuadro 8.5. Análisis de varianza en la capacidad de germinación en leucaena, bajo invernadero.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc.	Ft 0.05
Tratamientos	7	30631.5	4375.9	133.28	< 2.2e-16 ***
Error	24	788.0	32.8		
C.V. %: 14.93169					

Media: 38.38 S: 5.73

Nivel de Significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

C.V. = Coeficiente de Variación; S: Desviación Estándar.

Cuadro 8.6. Análisis de varianza en el índice de velocidad de emergencia en leucaena, bajo invernadero.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc.	Ft 0.05
Tratamientos	7	37.523	5.360	138.65	< 2.2e-16 ***
Error	24	0.928	0.039		
C.V. %: 18.41383					

Media: 1.068 S: 0.1966

Nivel de Significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

C.V. = Coeficiente de Variación; S: Desviación Estándar.

Cuadro 8.7. Análisis de varianza en la longitud de plántula en leucaena, bajo invernadero.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc.	Ft 0.05
Tratamientos	7	4.7713	0.6816	38.591	1.506e-11 ***
Error	24	0.4239	0.0177		
C.V. %: 5.093187					

Media: 2.609 S: 0.1329

Nivel de Significancia: 0 \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 ' 0.1 ' ' 1

C.V. = Coeficiente de Variación; S: Desviación Estándar.

Cuadro 8.8. Análisis de varianza en la longitud de radícula en leucaena, bajo invernadero.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc.	Ft 0.05
Tratamientos	7	6.8443	0.9778	4.5462	0.002381 **
Error	24	5.1617	0.2151		
C.V. %: 7.10195					

Media: 6.530 S: 0.4638

Nivel de Significancia: 0 \*\*\*\* 0.001 \*\*\* 0.01 \*\* 0.05 ' 0.1 ' ' 1

C.V. = Coeficiente de Variación; S: Desviación Estándar.