



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

OSMOACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS DE *Leucaena* spp CON AGUA CALIENTE PARA ROMPIMIENTO DE LATENCIA

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADO (A) EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

EMMANUEL VEGA LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. J. REFUGIO TOBAR REYES

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2021.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Y PECUARIAS

**OSMOACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS DE *Leucaena* spp CON AGUA
CALIENTE PARA ROMPIMIENTO DE LATENCIA**

TESIS PROFESIONAL

PARA OBTENER EL TITULO DE

LICENCIADO(A) EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

PRESENTA

EMMANUEL VEGA LÓPEZ

DIRECTOR DE TESIS

DR. J. REFUGIO TOBAR REYES

ASESORES

**DR. SIGFRIDO DAVID MORALES FERNÁNDEZ
M. C. CÉSAR DAVID TORRES FERNÁNDEZ**

Tlatlauquitepec, Puebla, México. Diciembre de 2021.

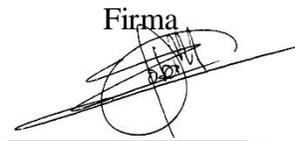
La presente tesis titulada OSMOACONDICIONAMIENTO DE SEMILLAS DE *Leucaena* spp CON AGUA CALIENTE PARA ROMPIMIENTO DE LATENCIA y realizada por el alumno Emmanuel Vega López, ha sido revisada y aprobada por el consejo particular, para obtener el título de:

LICENCIADO EN INGENIERÍA AGRONÓMICA Y ZOOTECNIA

Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias

Consejo particular integrado por:

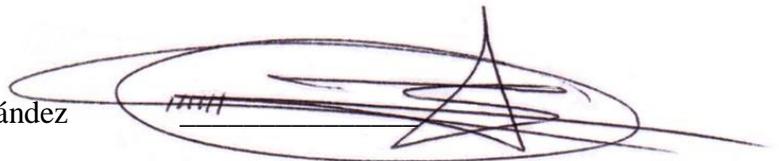
Director: Dr. J. Refugio Tobar Reyes

Firma


Asesor: Dr. Sigfrido David Morales Fernández



Asesor: M.C. César David Torres Fernández



Tlatlauquitepec, Puebla. Diciembre de 2021.

El presente trabajo de investigación forma parte de las actividades desarrolladas por el cuerpo académico BUAP-CA-313 denominado: MANEJO INTEGRAL DE CULTIVOS AGRÍCOLAS y de la línea de investigación: CAMBIOS FISIOLÓGICOS, FÍSICOQUÍMICOS Y BIOQUÍMICOS EN EL MANEJO DE CULTIVARES Y PRODUCTOS ORTOFRUTÍCOLAS. Dicho trabajo fue financiado con recursos propios.

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de llegar hasta esta etapa de mi vida y llegar con lo que más quiero en este mundo que es mi familia, gracias por rodearme de personas buenas en mi trayecto, personas las cuales agradeceré por haberme encontrado en esta vida, con las que comparto diariamente cosas nuevas, y personas que a pesar de mis tropiezos siempre están conmigo apoyándome en todo momento.

A mis padres Maria Zita López Arriaga y Manuel Apolinar Vega López por el amor y el apoyo brindado a lo largo de mi formación personal y estudiantil, a ellos por estar siempre presentes en todos estos años, gracias por los ánimos y consejos dados durante este largo camino. A mis hermanos, Aldo, Oscar, Norma y Mayra por ser y estar cuando los necesite mi infinito amor es siempre para ustedes, mi familia.

A todos mis maestros que colaboraron a mi formación y desarrollo personal durante todo mi trayecto estudiantil, los valoro mucho y los guardo en un lugar muy especial dentro de mis pensamientos.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Ciencias Agrícolas y Pecuarias, a todos los profesores, administrativos que laboran, muchas gracias por la enseñanza que me brindaron, por los consejos que me impartieron.

Dr. Juan de Dios Guerrero Rodríguez, gracias por su amable y desinteresada donación de la colecta de semillas de leucaena, cruciales para la realización del presente experimento.

Dr. J. Refugio Tobar Reyes, gracias por confiar en mí para elaborar esta investigación, gracias por ser una excelente persona conmigo, gracias por los consejos que me ofreció tanto personales como académicos, es un ejemplo de superación profesional.

Dr. Sigfrido David Morales Fernández, gracias por la confianza que me ofreció, el apoyo académico que me brindó, gracias por ser una gran persona y ser un ejemplo a seguir.

M.C. César David Torres Fernández, gracias por la confianza ofrecida para formar parte de este trabajo de investigación, gracias por todos los conocimientos transferidos, gracias a sus consejos y apoyo durante mi estancia como universitario.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Página
ÍNDICE DE CUADROS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo general	2
2.2 Objetivos específicos	2
III. HIPÓTESIS	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1 Descripción botánica	4
4.2 Clasificación taxonómica	5
4.3 Ventajas	6
4.4 Desventajas	6
4.5 Distribución geográfica	6
4.6 Requerimientos ecológicos	7
4.6.1 Latitud y altitud	7
4.6.2 Temperatura	8
4.6.3 Suelo	8
4.7 Selección y mejoramiento	8
4.8 Variedades	9
4.9 Establecimiento y cultivo	10
4.9.1 Preparación del terreno	10
4.9.2 Escarificación	11

4.9.3 Inoculación	12
4.10 Forma y cantidad de semilla para la siembra	13
4.10.1 Lotes compactos para corte	13
4.10.2 Lotes compactos para pastoreo	13
4.10.3 Franjas	13
4.10.4 Líneas	14
4.11 Época de siembra	14
4.12 Fertilización	14
4.13 Riegos	16
4.14 Control de malas hierbas	16
4.15 Plagas y enfermedades	16
4.16 Cosecha	17
4.16.1 Forraje de corte	17
4.16.2 Pastoreo	17
4.16.3 Producción de semillas	18
4.17 Utilización y manejo	18
4.17.1 En la agricultura	19
4.17.2 Sombra para cultivos	20
4.17.3 Control de la erosión	20
4.17.4 Leucaena y producción de forraje para el ganado	20
4.17.5 En la reforestación	25
4.17.7 Otros usos	26
V. MATERIALES Y MÉTODOS	27
5.1 Localización del sitio experimental	27
5.2 Material biológico para utilizar	27
5.3 Contenedor	28
5.4 Sustrato	28
5.5 Siembra	29
5.6 Labores culturales	29

5.7	Tratamientos evaluados	29
5.8	Diseño experimental	30
5.8.1	Modelo estadístico	31
5.9	Variables evaluadas	32
5.9.1	Días a emergencia de la primera plántula	32
5.9.2	Altura de plántula en mm	32
5.9.3	Longitud de raíz (mm)	32
5.9.4	Altura total (mm)	32
5.9.5	Peso fresco de follaje (mg)	32
5.9.6	Peso fresco de raíz (mg)	32
5.9.7	Peso fresco total (mg)	33
5.9.8	Índices de calidad morfológica de plántula	33
5.10	Análisis estadístico	33
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	34
6.1	Prueba de germinación	34
6.2	Temperaturas durante la duración del experimento	34
6.2.1	Días a emergencia de la primera plántula	34
6.3	Altura de plántula (mm)	37
6.4	Longitud de raíz (mm)	39
6.5	Altura total (mm)	41
6.6	Peso fresco de follaje (mg)	43
6.7	Peso fresco de raíz (mg)	45
6.8	Peso fresco total (mg)	46
6.9	Peso seco follaje (mg)	47
6.10	Peso seco raíz (mg)	49
6.11	Peso seco total (mg)	50
6.12	Índices de calidad morfológica de plántula	52
6.12.1	Índice de esbeltez	52
6.12.2	Índice de calidad de planta de Dickson	53

VII.	CONCLUSIÓN	55
VIII.	REFERENCIAS	56
IX.	ANEXOS	61

ÍNDICE DE CUADROS

Contenido	Página
Cuadro 1. Variedades de <i>Leucaena leucocephala</i> ampliamente experimentales desde 1970	10
Cuadro 2. Producción y calidad de forraje de la <i>Leucaena leucocephala</i>	21
Cuadro 3. Contenido de aminoácidos de la proteína de harina de <i>Leucaena leucocephala</i> ...	21
Cuadro 4. Valores de combustión de la leucaena	26
Cuadro 5. Descripción de los tratamientos evaluados en semillas de leucaena	29
Cuadro 6. Arreglo aleatorizado de tratamientos de temperatura de osmocondicionamiento en la parcela experimental para evaluar a los 39 D. D. S.....	30
Cuadro 7. Arreglo aleatorizado de tratamientos en la parcela experimental para evaluar a los 78 D. D. S.	31
Cuadro 8. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para D. D. S. a emergencia de primera plántula de leucaena	35
Cuadro 9. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para altura de plántula de leucaena	37
Cuadro 10. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para longitud de raíz de plántulas de leucaena	39
Cuadro 11. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para altura total de plántula de leucaena (mm).....	41
Cuadro 12. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso fresco de follaje de plántula de leucaena	43
Cuadro 13. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso fresco de raíz de plántula de leucaena	45
Cuadro 14. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso fresco de plántula de leucaena	46
Cuadro 15. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso seco de follaje de plántula de leucaena	48
Cuadro 16. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso seco de raíz de leucaena	49

Cuadro 17. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso seco total de plántula de leucaena	51
Cuadro 18. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para índice de esbeltez de plántulas de leucaena	52
Cuadro 19. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para índice de calidad de planta de Dickson.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
Figura 1. Ganado bovino alimentándose de leucaena	23
Figura 2. Localización del sitio experimental.....	27
Figura 3. Aspecto de la semilla a utilizar en el experimento	28
Figura 4. D. D. S. transcurridos hasta emergencia de la primera planta de leucaena	36
Figura 5. Panorama de emergencia de la primera planta de leucaena en las plantas evaluadas a los 78 D. D. S.	36
Figura 6. Altura de plántula de leucaena a los 39 y 78 D. D. S.	38
Figura 7. Representación de la medición de longitud de plántula de leucaena	38
Figura 8. Longitud de raíz de leucaena a 39 y 78 D. D. S.	40
Figura 9. Ejemplo de la manera en que se tomó la longitud de la raíz.....	40
Figura 10. Altura total de plántulas (mm) de leucaena.....	42
Figura 11. Representación de la manera en que se colocaron las plántulas para tomar altura total.....	42
Figura 12. Peso fresco de follaje (mg) de leucaena.....	44
Figura 13. Aspecto de toma de peso fresco de follaje (mg) de leucaena	44
Figura 14. Peso fresco de raíz (mg) de leucaena.....	45
Figura 15. Peso fresco total (mg) de leucaena	47
Figura 16. Peso seco de follaje (mg) de leucaena	48
Figura 17. Peso seco de raíz (mg) de leucaena	50
Figura 18. Peso seco total (mg) de leucaena.....	51
Figura 19. Índice de esbeltez para plántulas de leucaena	53
Figura 20. Índice de calidad de planta de Dickson.....	54

RESUMEN

La demanda de ingredientes de alto valor nutricional para el ganado ha propiciado el incremento de los precios de éstos. El uso de *Leucaena leucocephala* como fuente de proteína para rumiantes, es una alternativa a dicha problemática, puesto que, además de proveer forraje, puede suministrar ingredientes para la dieta y otras necesidades de los humanos. Sin embargo, presenta una baja tasa de germinación de semillas, lo que limita su uso. Por lo tanto, los objetivos de este trabajo fueron, aumentar el porcentaje de germinación de semillas al romper su estado de latencia y producir plántulas con buenos parámetros de calidad morfológica. Fueron distribuidas 220 semillas en cinco tratamientos: A (agua a temperatura ambiente) y agua calentada a 39, 52, 78 y 93°C para mejorar la germinación, se sembraron en charolas utilizando como sustrato una mezcla de 60% hojarasca, 35% suelo y 5% tezontle. Se estableció en un diseño completamente al azar con arreglo factorial temperaturas x evaluaciones (5 x 2). Las variables analizadas fueron, días a emergencia de primera plántula, altura de plántula, longitud de raíz, altura total, peso fresco de follaje, peso fresco de raíz, peso fresco total, peso seco de follaje, peso seco de raíz, peso seco total, índice de esbeltez e índice de Dickson; los promedios superiores en todas las variables fueron obtenidos por el tratamiento de osmoacondicionamiento a 52°C ($P < 0.05$), el cual, además, permitió el mayor rompimiento de latencia (50%) sin afectar el desarrollo de la plántula.

Palabras clave: *Leucaena* spp, ingrediente alternativo, plántula, agua caliente, germinación.

ABSTRACT

The demand for ingredients of high nutritional value for livestock has led to an increase in their prices. The use of *Leucaena leucocephala* as a source of protein for ruminants is an alternative to this problem, since, in addition to providing forage, it can supply ingredients for the diet and other human needs. However, it has a low seed germination rate, which limits its use. Therefore, the objectives of this work were to increase the percentage of seed germination by breaking their dormant state and producing seedlings with good morphological quality parameters. 220 seeds were distributed in five treatments: A (water at room temperature) and water heated to 39, 52, 78 and 93°C to improve germination, they were sown in trays using as substrate a mixture of 60% litter, 35% soil and 5% tezontle. It was established in a completely randomized design with a factorial arrangement of temperature x evaluations (5 x 2). The variables analyzed were, days to first seedling emergence, seedling height, root length, total height, fresh weight of foliage, fresh weight of root, total fresh weight, dry weight of foliage, dry weight of root, total dry weight, slenderness index and Dickson index; the higher averages in all the variables were obtained by the osmoconditioning treatment at 52°C (P<0.05), which, in addition, allowed the greatest latency break (50%) without affecting the development of the seedling.

Keywords: *Leucaena* spp, alternative ingredient, seedling, hot water, germination.

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación de tesis denominada “Osmoacondicionamiento de semillas de *Leucaena* spp. con agua caliente para rompimiento de latencia” persigue generar información básica para seleccionar plantas prometedoras para establecer bancos de proteína para ganado en Tlatlauquitepec, Pue.

Los pequeños productores pecuarios de la región nororiente de Puebla carecen de alternativas vegetales con alta concentración de proteína en la región. La leucaena, *Leucaena leucocephala* (Lam, de Wit.) Se agrega a especies como tréboles (*Lilium* spp.) y al follaje de pichoco también conocido como equimite o colorín (*Erythrina* sp.). Estas fabáceas son las más persistentes en la región de Tlatlauquitepec donde ramonea el ganado, la desventaja de las especies antes mencionadas son la estacionalidad, por lo que los productores invierten en la compra de alimentos balanceados para alimentar sus hatos. La leucaena tarda mucho en germinar dada la testa dura e impermeable que la cubre, el osmoacondicionamiento con agua caliente permite mayor absorción de agua e intercambio gaseoso y finalmente promueve la germinación.

El género *Leucaena* comprende un importante recurso forestal usado como banco de proteína en la producción pecuaria familiar por tener valores aproximados al 20%, dependiendo de diversos factores exógenos, se reporta digestibilidad de materia seca in vitro de 70% (Sosa *et al.*, 2020).

La leucaena tiene usos en la alimentación humana al ser tomadas las vainas de la especie para elaborar salsas y cocerse en combinación con otros alimentos.

Normalmente se le conoce como leucaena, pero también huaxin o huaje. Sobresale por tener los siguientes elementos: ser una planta arbóreo y arbustivo; rápido crecimiento; no tiene espinas; es de color verde seco; tiene copa redondeada; posee un sabor amargo; tiene menos de cinco metros de diámetro; un olor que es similar al ajo; tiene tallo y ramas de corteza lista o fisurada; hábito gregario; posee una altitud de 18 metros; raíz pivotante de 2 a 3 metros que le ayuda a extraer agua en favor de su desarrollo (Vines, 1974).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Aumentar el porcentaje de germinación de semilla y producir plántula con buenos parámetros de calidad morfológica.

2.2 Objetivos específicos

- Disminuir la latencia de semillas de *Leucaena* spp. al osmoacondicionar con agua caliente.
- Proponer una tecnología sencilla y aplicable que promueva la germinación, la emergencia y la calidad morfológica de las plantas.

III. HIPÓTESIS

El tratamiento de osmocondicionamiento con agua a 78°C es el que permitirá plántulas de mayor calidad.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 Descripción botánica

En cuanto al procedimiento para escarificar o descascarar la semilla, este se basa en incorporar la semilla a una temperatura de 80° en agua con un promedio de tres minutos. Si no hay un termómetro cerca, esta temperatura se logra cuando se observan las primeras burbujas (FIRA, 1980). Sin embargo, el procedimiento puede variar, por ejemplo, Rodríguez *et al.* (2021) llevaron a cabo la escarificación en un rango de 30 minutos con una temperatura de 100°C.

No obstante, Humphreys (1978), insistió que solo bastaba una temperatura de 80°C durante dos minutos para que se genere una adecuada germinación. En contraste, Hutton (1981) sugirió un lapso de tres a cuatro minutos en ese mismo nivel de temperatura; Flores (1983) también estuvo de acuerdo con ese rango de temperatura, pero solamente por tres minutos.

En el caso de Rodríguez y Eguiarte (1983), estos autores lograron un 92 % de germinación durante un promedio de 12 días para la variedad del Perú. Brewbaker (1987) obtuvo el 80% de germinación en el quinto día a una temperatura de 80°C en un lapso de 3 a 4 minutos.

En una investigación efectuada para corroborar los distintos escarificadores en semillas de este tipo de árbol, el INIP (1985) empleó el tratamiento de la semilla con agua a diferentes temperaturas (60°C, 80°C y 100°C) y cambió los tiempos de inmersión, pasando de 30 segundos hasta cinco minutos. Igualmente, el estudio se basó en usar diferentes concentraciones de ácido sulfúrico (50 %, 60 % y 70 %) con tiempos de inmersión de semilla que iban de 1 a 30 minutos. La indagación concluyó en que se hallaron diferencias esenciales entre los tratamientos con agua a temperatura elevada frente a los de ácido sulfúrico. Estos afectaron de manera distinta el porcentaje de germinación.

En este sentido, se podría afirmar que el agua caliente resulta ser un tratamiento más eficaz que el usado por el ácido sulfúrico, en tanto que este último impacta, de forma negativa, la germinación. Se sugiere hacer inmersiones de tiempos cortos en una temperatura de 80°C a 100°C. Ceja (1986) es uno de los investigadores que está de acuerdo en usar una temperatura de 80°C para el árbol que compete al presente estudio; o, incluso, una temperatura de 60°C ayuda a registrar porcentajes elevados en cuanto a la germinación de la semilla.

Retomando las características de la *Leucaena leucocephala*, es importante comentar otros elementos: sus raíces poseen nódulos con *Rhizobium*; los pelos radiculares tienen una infección con micorrizas; suelen tener hojas pequeñas bipinnadas y alternas.

Con 4 a 9 pares de pinnas por hoja con folíolos que miden de 2 a 50 mm., presenta una inflorescencia en cabezuela de color blanco, rojiza o amarilla, de forma redondeada de 1.5 a 2 mm, estambres de 10 mm y con la antera pilosa. Además, en octubre y diciembre la planta florece. En cuanto a su fruto, este se halla en racimos de 15 a 60 vainas aplanadas que miden de 6 a 26 cm de largo, por 1.5 a 2 cm de ancho, dentro de las cuales se alojan de 8 a 10 semillas verdes, planas y ligeras que miden de 6 a 10 mm, que cuando maduran son de color café obscuro. (Eguiarte et al., 1984)

4.2 Clasificación taxonómica

Reino: Vegetal

Subdivisión: *Embriophyta*

Clase: *Fanerogama*

Subclase: Dicotiledonea

Orden: Rosales

Tribu: Mimosa

Familia: *Leguminosae* o *Fabaceae*

Subfamilia: *Mimosoideae*

Género: *Leucaena*

Especie: *leucocephala* (Lam, De Wit)

Fuente: (Robles, 1990).

A pesar de que se han reportado 51 especies, las investigaciones y experiencias de campo afirman que esta cantidad puede agruparse en diez especies que son oriundas del territorio mexicano: “*L. Lecucocephala*, *L. Diversifolia*, *L. Esculenta*, *L. Macrophylla*, *L. Pulverulenta*, *L. Lanceolata*, *L. Retusa*, *L. Shannoni* y *L. Collinsii*; y una originaria de Centro y Sudamérica: *L. Trichodes*” (Brewbaker, 1972).

4.3 Ventajas

Enseguida, se enlistan los beneficios que trae este tipo de especie; además, se presenta el listado de las desventajas.

- Rápida capacidad para adaptarse a los diversos suelos.
- Se posiciona como una de las más destacables leguminosas que habitan en el trópico.
- Se caracteriza por aguantar sequías que se prolongan.
- Su forraje posee una idónea digestibilidad. A diferencia de la alfalfa, la leucaena posee grandes proporciones de caroteno y vitamina A.
- Se recupera rápidamente luego de pastoreo o, incluso, corte.
- Genera semillas de forma frecuente y abundante.
- Se emplea para todo el año; sobre todo, en tiempos secos o cuando el forraje no es el apropiado.
- Debido a su rápida y eficaz adaptación al trópico, la convierte en perfecta para el ganado en la producción de leche (Jones, 1984).

4.4 Desventajas

- Posee un crecimiento lento.
- Al principio, no hay suficiente crecimiento en hojas y ramas.
- Resulta costoso el trasplante.
- No puede vivir en terrenos que estén inundados.
- La viabilidad de la semilla refiere a los meses de cosechada.
- Debido a que posee alcaloide (mimosina), puede generar efectos secundarios a los animales que consuman este tipo de planta. Los rumiantes son un poco más resistentes que los monogástricos (Jones, 1984).

4.5 Distribución geográfica

De acuerdo con Huang *et al.* (1985) la planta comenzó a expandirse y extenderse de México a otros lugares luego de la llegada de los españoles (1520). En un principio, estos la trasladaron a Europa, con el fin de emplearla para diferentes usos, por ejemplo: abono, sombra y cercas.

Posterior a la conquista de México, llevaron la leucaena a Filipinas; esta situación generó que, poco a poco, se posicionara en otros países de la región sudoriental de Asia.

Con el paso del tiempo, más específicamente en el siglo XIX, llegó a “Hawai, Australia Septentrional, India, África Oriental y Occidental y a las Islas del Caribe” (National Academy of Sciences, 1977). Hoy en día, está en todo el trópico y, claro está, en Latinoamérica (Brewbaker, 1983).

Ahora bien, si solo se hace referencia a México, hay que decir que se encuentra en la vegetación secundaria, sobre todo, en las selvas medianas caducifolias y subcaducifolias. Debido a su gran distribución, puede encontrarse “desde el Norte de Veracruz y Sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán y en la vertiente del Pacífico desde Sinaloa hasta Chiapas” (Pennington y Sarukhan, 1968). Incluso, está en la Costa del Pacífico, el Golfo de México y la Península de Yucatán; esta última posee la mayor distribución (NAS, 1977; Baltazar, 1991).

En cuanto a su origen de distribución, Brewbaker *et al.* (1987) afirmaron que esta especie, en efecto, fue trasladada en el siglo XVI por los conquistadores y fue llevada al sudoeste de Asia. Es tal su importancia en la actualidad que se han llevado a cabo diversos estudios; sin embargo, de acuerdo con Pérez (1979), todavía faltan investigaciones sobre ciertos lugares, por ejemplo: Quintana Roo, Aguascalientes, Baja California Norte, Guanajuato, Zacatecas y Chihuahua.

4.6 Requerimientos ecológicos

4.6.1 Latitud y altitud

Eguiarte *et al.* (1986) comentaron que una de las características predominantes de la *L. Leucocephala* se fundamenta en que logra acoplarse a diferentes altitudes y latitudes. Incluso, puede pasar de 0 hasta ubicarse en un nivel de 1500 msnm. No obstante, cuando crece en niveles superiores (mayores a 500 msnm) se demora, mientras que crece eficazmente en tierras bajas. Aquellos territorios que estén más próximos al Ecuador, son los que más se percibe la demora al momento de crecer (NAS, 1977).

Con respecto a esto, Brewbaker y Soresson (1990) concluyeron que esta especie pertenece a los trópicos de Perú y Texas, en donde se puede ver su gran versatilidad para acoplarse a diferentes regiones y climas.

4.6.2 Temperatura

A pesar de que tiene una gran capacidad para adaptarse, no se puede ignorar que la temperatura es uno de los elementos que más limitan su distribución y, por ende, su desarrollo. Las temperaturas más extremas son las que generan impactos negativos; mientras que las bajas afectan su crecimiento y potencial energético y forestal (Baltazar, 1991).

En los estudios revisados, Felker (1991) aseveró que esta especie de planta puede llegar a tolerar los -8°C , aunque esto genere marchitamiento en las hojas, afecte la germinación de la semilla y, por ende, retrase su crecimiento. Para Pérez (1979), el mecanismo que utiliza esta especie para sobrevivir es: muerte en ramas y tallos y abandonar sus hojas.

En cambio, durante las sequías, no necesita irrigación; claro está, luego de que ya haya empezado el lapso de establecimiento. Sin embargo, estas circunstancias extremas afectan su desarrollo, puesto que se vuelve más lento y se le caen las hojas. Lo ideal es que haya lluvias para, de esta manera, lograr rendimientos óptimos (Robles, 1990). Además, es importante tener en cuenta que, según Sánchez y Eguiarte (1985), el punto crítico de este tipo de planta oscila entre los 400 mm y 500 mm de lámina. No obstante, es posible que complete una vegetación abundante en zonas donde la precipitación supera los 500 mm.

4.6.3 Suelo

El mayor crecimiento de esta especie sucede en los suelos arcillosos profundos, los cuales deben ser de neutros a alcalinos. Igualmente, deben poseer humedad y una perfecta fertilidad. Es importante que se destaque su capacidad para crecer en suelos con pendientes sobresalientes; estos deben ser pedregosos, contar con capa arable y poseer un nivel bajo de fertilidad (Pérez, 1979). Cabe recordar que la especie no aguanta lapsos prolongados de inundaciones ni tampoco suelos que sean ácidos (Eguiarte y Rodríguez, 1985).

4.7 Selección y mejoramiento

Dentro de este *ítem*, se toman en cuenta algunos elementos, verbigracia: aumento de la producción de forraje; disminución del contenido de mimosina; adecuación a circunstancias extremas de sequía, diversas temperaturas y lapsos de suelos no aptos e inundaciones. De igual manera, hay que tener en cuenta el aumento en la calidad de madera para objetivos forestales y el

aumento en la tasa de crecimiento. Para el caso de Hawái, se examinaron 90 ecotipos diversos de *Leucaena leucocephala* de acuerdo con las características mencionadas. En dicho análisis, se hallaron 72 ecotipos donde se percibieron variaciones en el contenido de mimosina; los rangos pasaban oscilaban de 2 % a 5 % (FIRA, 1980).

Por su parte, en el país australiano se identificaron diferencias en las ramificaciones, sobre todo, en progenitores e híbridos al momento de mezclarse distintas clases de *L. leucocephala*. Esto resulta interesante por el vínculo que pueda existir entre la producción del forraje y la densidad de la ramificación. Del entrecruzamiento entre *L. leucocephala* y *L. pulverulenta* han surgido árboles vigorosos y que tienen un intermedio de mimosina. Así pues, “la diferencia en aspecto y número cromosómico entre *Leucaena leucocephala* ($2n = 104$) y *Leucaena pulverulenta* ($2n = 56$), el cruzamiento se efectuó fácilmente, resultando híbridos de número cromosómico ($2n = 80$)” (Brewbaker, 1987, p. 32).

Otros experimentos llevados a cabo fueron los de Brewbaker y Soresson (1990), quienes realizaron cruces entre el cromosoma del padre del polen de las semillas; los autores hallaron un F1 con las siguientes propiedades:

L. leucocephala x *L. diversifolia* = 104 cromosomas

L. leucocephala x *L. diversifolia* = 104 cromosomas

L. pulverulenta x *L. diversifolia* = 80 cromosomas

L. diversifolia ($2x$) x *L. diversifolia* ($4x$) = 78 cromosomas

L. diversifolia x *L. leucocephala* = 78 cromosomas”. (Sabino, 2000, p. 22)

Al respecto, Jones (1984) reconoció que hay una gran cantidad de especies esenciales que tienen un alto riesgo para degenerar o perder su base genética. Por esta razón, diferentes entidades utilizan sus esfuerzos para preservar la diversidad y las semillas. Lo anterior, con el fin de mantener y lograr los atributos específicos de esta especie: resistencia, vigorosidad, crecimiento y capacidad de recuperación luego del corte.

4.8 Variedades

En cuanto a la variedad, Brewbaker (1987) apuntó que la leucaena posee a su disposición 12 tipos. En contraste, Hughes (1991) afirmó que existen 16 especies que son muy similares, verbigracia: “Guajillo, tepehuaje, quiebra hacha, acacia pálida o aroma blanca etc.” De acuerdo con dicha teoría, las especies de leucaena provienen de EE. UU, América Central y México. De

las 10 especies que fueron examinadas en Hawái, solo tres pertenecen a Venezuela, Texas (Estados Unidos) y El Salvador, mientras que las otras siete son del territorio mexicano.

De acuerdo con la percepción de Greenstein (1991), la *Leucaena retusa* se caracteriza por ser de crecimiento lento, aunque es mucho más tolerante a las heladas. Incluso, puede aguantar los -20°C en periodos cortos, aunque ese lapso puede afectar sus hojas. Es muy raro que esta especie logre los 2.5 m; sin embargo, su altura puede oscilar entre los 10 m a 12 m en un futuro (10 años, en promedio).

En cuanto a la *Leucaena leucocephala*, esta se concibe como la planta que crece más rápidamente. Si se les hace una irrigación directa a las semillas, logra una altura, en cinco meses, de 4 m. Aunque está en toda la nación mexicana, hay mayor énfasis en Chiapas, Yucatán, Guerrero, Campeche y Oaxaca (INIFAP, 1986).

Ahora bien, la *Leucaena diversifolia* (variedad K156 y K 784) posee una función similar a la *Leucaena leucocephala*. La diferencia radica en que esta puede sobrevivir en suelos ácidos y en las temperaturas frescas adquiere una altitud que supera los 2500 m. Podría decirse que resista más al *psyllido* de la *Leucaena leucocephala*, aunque posee un 10 % en el aspecto de digestibilidad. Este tipo de especies fue seleccionado por la Universidad de Hawaii (Jones, 1984). En el cuadro 1 se exponen las variedades con mayor detalle.

Cuadro 1. Variedades de *Leucaena leucocephala* ampliamente experimentales desde 1970

Variedad	Origen	Tipo	Comentarios
Perú	Argentina	Perú	Buen forraje
Conninham	Australia	Perú	Alta producción de forraje
K-8	México	Salvador	Uniforme-semillosos
K-28	Salvador	Salvador	Similar al K-8
K-29	Honduras	Salvador	Pocas semillas y ramas
K-67	Salvador	Salvador	Variabilidad genética
K-72	Hawaii	Salvador	Más sencillos
K- 132	México	Salvador	Vainas largas

Fuente: Campos, 1992.

4.9 Establecimiento y cultivo

4.9.1 Preparación del terreno

Tal como se ha comentado hasta el momento, la leucaena necesita de una idónea cama de siembra para que logre un crecimiento más rápido y, así pues, entre en establecimiento. Cuando se presente en lugares vírgenes y donde haya una gran vegetación nativa, es fundamental empezar el

desmante según el clima y las actividades que se realizarán. Es esencial observar la vegetación previa, las condiciones del terreno y el equipo que se usará. Cuando se habla de desmante, esto hace referencia a labores de tumbar, quemar, desenraizar, destroncar la vegetación. Si se quiere sembrar la leucaena en terrenos donde se han llevado a cabo trabajos de labranza y, por ende, la zona está libre de vegetación, se sugiere completar el siguiente proceso: empezar con un barbecho profundo; voltear el terreno durante unos días para, de este modo, acabar con las plagas y malas hierbas. Con el fin de desbaratar los terrones del barbecho, hay que dar algunos pasos de rastra para pulverizar (INIFAP, 1986).

4.9.2 Escarificación

Un aspecto que se recomienda tener en cuenta es la calidad de la semilla a usarse; no hay que olvidar que la viabilidad se reduce luego de cosechada. Se sugiere emplear una semilla que sea reciente y, antes de sembrar, es necesario descascararla, dado que tiene una cubierta dura que afecta su germinación inmediata (SARH, 1992).

Para ejecutar el proceso de descascaramiento o escarificación de la semilla, se deben cumplir los siguientes pasos: a 80°C introducir la semilla en un lapso de tres minutos (FIRA, 1980). Sin embargo, el procedimiento puede variar, por ejemplo, Rodríguez *et al.* (2021) llevaron a cabo la escarificación en un rango de 30 minutos con una temperatura de 100°C.

No obstante, Humphreys (1978) insistió que solo bastaba una temperatura de 80°C durante dos minutos para que se genere una adecuada germinación. En contraste, Hutton (1981) sugirió un lapso de tres a cuatro minutos en ese mismo nivel de temperatura; Flores (1983) también estuvo de acuerdo con ese rango de temperatura, pero solamente por tres minutos.

En el caso de Rodríguez y Eguiarte (1983), estos autores lograron un 92 % de germinación durante un promedio de 12 días para la variedad del Perú. Brewbaker (1987) obtuvo de 3 a 4 minutos una temperatura de 80°C; se logró una germinación del 80 % de germinación en el día quinto.

En una investigación efectuada para corroborar los distintos escarificadores en semillas de este tipo de árbol, el INIP (1985) empleó el tratamiento de la semilla con agua a diferentes temperaturas (60°C, 80°C y 100°C) y cambió los tiempos de inmersión, pasando de 30 segundos hasta cinco minutos. Igualmente, el estudio se basó en usar diferentes concentraciones de ácido sulfúrico (50 %, 60 % y 70 %) con tiempos de inmersión de semilla que iban de 1 a 30 minutos. La indagación

concluyó en que se hallaron diferencias esenciales entre los tratamientos con agua a temperatura elevada frente a los de ácido sulfúrico. Estos afectaron de manera distinta el porcentaje de germinación.

En este sentido, se podría afirmar que el agua caliente resulta ser un tratamiento más eficaz que el usado por el ácido sulfúrico, en tanto que este último impacta, de forma negativa, la germinación. Se sugiere hacer inmersiones de tiempos cortos en una temperatura de 80°C a 100°C. Ceja (1986) es uno de los investigadores que está de acuerdo en usar una temperatura de 80°C para el árbol que compete al presente estudio; o, incluso, una temperatura de 60°C ayuda a registrar porcentajes elevados en cuanto a la germinación de la semilla.

Por su parte, Middleton (1995) señaló que la escarificación resulta una gran opción para que la germinación se dé de manera eficaz. Como se mencionó, este proceso se ejecuta con el uso de agua caliente; sin embargo, hay dos métodos:

- La semilla es ingresada a una temperatura de 80°C durante
- 3 a 5 minutos.
- La semilla es sumergida en un lapso de 4 a 5 segundos y después se seca. El tratamiento con agua alcanza 60 % a 70 % de germinación.

4.9.3 Inoculación

La utilización de inoculantes genera un aumento en la productividad, sobre todo, cuando se instauran praderas. De ahí que se sugiera la inoculación como una fase de establecimiento. Cabe recordar que la metodología para la inoculación se fundamenta en la instauración de un adherente, un revestimiento mineral e inoculante. En el caso de que se usen 10 kg de semilla de leucaena, se sugiere usar 100 ml de goma arábica que actúa como adherente al 40 % y utilizar polvo de 5 kg para revestir con carbonato de calcio. En caso de no poseer goma arábica, se puede usar leche para que actúe como adherente. El proceso para inocular se fundamenta en poner en un recipiente la semilla. Se le debe agregar el adherente y, posterior a esto, se agita de forma constante hasta que se cubran las semillas. Posterior a esto, se agregó el inoculante en la cantidad especificada por el fabricante; se agita, de forma constante, hasta que este logra su adhesión en la semilla. Con el fin de recopilar y lograr resultados favorables, se sugiere hacer el proceso de inoculación en la sombra. Se recomienda hacer este proceso de inoculación cuando la leucaena no logra crecer de manera natural (terrenos ácidos). Lo perfecto es emplear líneas de *Rhizobium* que se adapten a ese suelo;

resulta conveniente en suelos no eficientes añadir, al momento del peletizado, “fósforo (P), molibdeno (Mo), hierro (Fe), y cobalto (Co)” (FIRA, 1980).

4.10 Forma y cantidad de semilla para la siembra

Para un adecuado establecimiento, se recomienda una cantidad necesaria de semilla; cantidad que depende del terreno, la manera de emplearse y el fin de cada productor. A continuación, se explican las maneras de sembrar y la cantidad de semilla que se requieren según las siembras:

4.10.1 Lotes compactos para corte

Este método es empleado para alimentar el ganado; usualmente se ofrece en corrales. Para adquirir un cultivo con un manejo idóneo y uniforme para erradicar las malas hierbas. Esto se lleva a cabo para lograr una mejor distribución de la humedad. En este caso, la siembra se ejecuta en surcos y, por ende, se sugiere depositar la semilla en un lugar de 1 a 5 cm; estas deben lograr una distinción de 60 cm a 90 cm; además, debe contar con “una distancia entre planta y planta de 10 a 20 cm, de esta forma la cantidad de semilla necesaria para una hectárea es de 7 a 10 Kg de semilla comercial, con un 80% de germinación como mínimo” (INIFAP, 1986).

4.10.2 Lotes compactos para pastoreo

La siembra se lleva a cabo en hileras o surcos de 90 cm a 105 cm a partir de una distinción y una separación de 10 cm a 20 cm. Para este caso, se usa una cantidad de 4 k a 6 k por hectárea. De esta manera, el bloque de proteínas será usado para funciones del pastoreo directo, sobre todo, cuando la planta logra una altura de 1 m a 1.5 m (SAGAR, 1992).

4.10.3 Franjas

La siembra por franjas es útil para la generación de forraje y el manejo de la erosión. En cuanto a la siembra de leucaena, se recomienda realizar bloques de 3 a 5 surcos a una separación de 60 cm. Se sugiere alcanzar una densidad de siembra con un rango de 6 kg/ ha a 10 kg/ha. Las franjas deben ser anchas (en promedio, 3 m) para prevenir que estas actúen como callejones y no haya pisoteo frecuente. En cuanto al manejo de la erosión, se sugiere sembrarse en laderas o en zonas con suelos pronunciados. Lo mejor es que estén cerca de canales, terrazas, curvas y acequias. En la práctica, se siembran series de 2 surcos que están separados a 40 cm. Cabe recordar que la

“separación entre semillas de 2.5 cm. O bien, en franjas de contorno 31 de 3 a 5 m de ancho y a una distancia de 10 a 20 m entre franjas” (SAGAR, 1992). Allí se puede sembrar yuca, arroz, maíz y otros alimentos (SAGAR,1992).

4.10.4 Líneas

Esta estrategia es empleada con objetivos forestales, siembra para cultivar, producir semillas, forrajes, manejo de la erosión, etc. “Se sugieren 5,000 plantas por hectárea con una separación de 2 m, entre surcos y 1 m, entre planta y planta” (SARH, 1992).

Par objetivos de pastoreo, es útil sembrar la leucaena en relación con pastos a una separación de 2.5 m a 3.0 m. No obstante, en el territorio mexicano no ha funcionado de forma eficiente esta estrategia. Lo anterior, puesto que la disponibilidad de forraje de leucaena no resulta proporcional a la del pasto; por ende, el ganado acaba, de forma rápida, con el forraje de leucaena (SARH, 1992).

4.11 Época de siembra

Eguiarte y Rodríguez (1985) afirmaron que, con el fin de determinar un establecimiento adecuado de la leucaena, hay que considerar los siguientes elementos:

- Seleccionar un tiempo donde no haya gran cantidad de plagas y hierbas malas.
- Se sugiere sembrar cuando las temperaturas estén en un rango de 20°C a 30°C. En cuanto al trópico, marzo y abril se constituyen en las mejores épocas para sembrar.
- El mayor crecimiento se logra cuando no hay malezas. Una buena época es octubre-noviembre. Lo anterior, sobre todo, cuando hay territorios de humedad residual, mientras que, en las áreas de temporal, deben ejecutarse en la lluvia.

4.12 Fertilización

Brewbaker y Soresson (1990) aseveraron que la planta posee la habilidad de fijar nitrógeno que direcciona a los cultivos. No se puede ignorar que la planta ha progresado y, al tiempo, ha instaurado variabilidad en este género, debido a su gran cantidad de producción de forraje y, asimismo, materia orgánica. En territorios ácidos es indispensable que se añada calcio y fósforo. Lo anterior, se debe a los bajos rangos que de ellos se exhiben. La leucaena necesita de microelementos que resultan vitales para colaborar en el crecimiento. Es necesario comentar que

el requerimiento depende de la disponibilidad del suelo, lo cual se vincula, a grandes rasgos, con el pH.

Además, el molibdeno y el boro incrementan el peso y la cantidad de nódulos. Por esta razón, el molibdeno se convierte en “un constituyente del complejo nitrogenado contenido en nódulos” (Sabino *et al.*, 2000). En este sentido, el Azufre (S) es utilizado para la creación de la proteína. Es necesario comentar que las aplicaciones de azufre generan respuestas que son rápidas y que se dan en terrenos que no son eficientes.

Para el caso del territorio mexicano, se sugiere fertilizar las praderas de leucaena con superfosfato simple o triple. Cabe recordar que la cantidad depende del elemento del fósforo en el territorio y de la precipitación. Con respecto a los suelos ácidos, se sugiere instaurar 250 kg/ha de carbonato o, incluso, de superfosfato simple. Para el caso de las praderas “basadas en leguminosas, se recomienda 125 Kg/ha/año de superfosfato simple en áreas con precipitaciones pluviales anuales 35 menores de 1000 mm y 250 kg. /ha/año en áreas con más de 1000 mm” (FIRA, 1980).

En América del Sur, de acuerdo con Jones (1984), uno de los grandes problemas en la utilización de la leucaena es la acidez de los suelos y los niveles bajos de calcio, pero altos de aluminio. Se considera que la cal agrícola es la fuente de calcio más económica; su función radica en la “floculación de la fracción de arcilla”, en tanto que mejora la estructura del terreno y disminuye la fijación del fosfato, en tanto que aumenta la actividad microbiana.

En las regiones tropicales y húmedas hay una predominancia de los terrenos de tipo utisol y oxisol. En estos casos, el pH ácido restringe la fijación de leguminosas forrajeras. Esta situación se debe a que la acidez del suelo contiene impactos contrarios que afectan la productividad y el desarrollo de las plantas. En parte, “como consecuencia de la toxicidad del aluminio (Al) o el Manganeseo (Mn) y a las deficiencias de calcio (Ca) y Magnesio” (Torres, 1985).

En una investigación realizada en Yucatán se examinó la respuesta del “Huaje (*Leucaena leucocephala*), Guandul (*Cajanus cajan*) y Dolimos (*Dolicos lablab*)” (Sabino, 2000) al momento de adicionar la cal al suelo. La cosecha del forraje se ejecutó cuando se logró que las plantas adquirieran el 30 % de su follaje.

En la comparación de la información se observó que Dolicos fue la mejor leguminosa en rendimiento de forraje verde, dado que generó “36 12.37 ton, de forraje verde/ha contra 8.05 y 3.82 ton, logradas por Guandul y leucaena respectivamente, lo que significa una diferencia de 69.1 y 34.9% de Dolicos sobre las otras” (Sabino, 2000). Si se hace análisis al forraje seco, la

leguminosa Guandul obtuvo un puntaje “superior ($P < .01$) A Dolicos y leucaena, con rendimientos de 2.82, 1.90 y 1.09 ton de forraje seco /ha”. En este ítem, Guandul sobrepasó a *Dolicos* y *Leucaena* en un porcentaje de 31.6 y 61.3 % (Torres, 1985).

4.13 Riegos

Se sugiere implementar riego en el establecimiento de la leucaena. Hay que comentar que el agua es sumamente importante en esta fase de cultivo; sobre todo, cuando la leucaena necesita varios cuidados. Se ha constatado que las condiciones de riego influyen en las producciones de forraje de leucaena. Además, beneficia en los requerimientos de la frecuencia de riegos con respecto a las leguminosas y pastos (Brewbaker y Soreson, 1990).

4.14 Control de malas hierbas

Hacer frente a las malas hierbas es uno de los componentes esenciales para lograr el establecimiento. La leucaena no aguanta las malas hierbas, puesto que influye en la producción de forraje y afecta las primeras fases del establecimiento. De ahí que sea imprescindible preservar el terreno a partir de deshierbes manuales, los cuales deben llevarse a cabo durante la etapa de establecimiento; también los herbicidas son una gran opción (FIRA, 1980).

4.15 Plagas y enfermedades

Foroughbakhch y Haud (1989) afirmaron que una de las características predominantes de la leucaena consiste en que es resistente a enfermedades y plagas.

De acuerdo con la investigación de Oakes (1986), en México se han descubierto tres clases de chahuistles que agreden las hojas de la planta. Una de las más populares es la fungosis, la cual genera pocas afectaciones a la leucaena; esto se debe al hábito erecto de la especie. Sánchez y Eguiarte (1985) añadieron que la planta puede ser impactada en dos o tres momentos del año por fungosis.

En tal sentido, Brewbaker y Soresson (1990) agregaron que tanto la *Lecaena leucocephala* con *L. pallida* (KX2) y *L. Diversifolia* (KX3) poseen atributos que los hacen resistentes a la plaga del psyllid cubana. Esta clase de plaga, en términos de Middleton (1995), puede convertirse en una situación compleja en zonas costeras donde el daño de la hoja resulta severo tanto en invierno como en otoño. Para hacer frente a esta situación, se sugiere “rociar con Dimethoate (.03% - 75

mls/100 litros de agua)” (Sabino, 2000, p. 38) lo cual ayudará a controlar el psyllid durante un lapso.

4.16 Cosecha

4.16.1 Forraje de corte

La cosecha del forraje de la leucaena puede llevarse a cabo de forma manual con machete o, incluso, de manera mecanizada. El parámetro para fijar el punto clave para la cosecha es la altura del cultivo, dado que se poseen variaciones en la floración y la tasa de crecimiento, las cuales se relacionan con el fotoperiodo, clima y humedad. La observación ha permitido percibir que cuando la planta logra una altura de 1.50 a 2.00 m, debe ejecutarse un corte para que se dé un forraje óptimo (FIRA, 1980).

Cuando ya es cosechado, puede suministrarse en verde a los animales o, en tal caso, “deshidratarse en asoleaderos de cemento o en una deshidratadora para alfalfa y suministrarse como heno o harina, pudiéndose también ensilar” (Sabino, 2000, p. 40). Dentro de las propiedades de la planta forrajera están: 20 ton de MS/ha/año en 4.6 cortes; posee un “promedio de 22 % de proteína, 29.8% de fibra cruda y 72.8% de digestibilidad en hojas de 8 semanas de edad” (p. 40). Además, posee una alta cantidad de potasio y fósforo, el cual influye tanto al terreno como al animal (Benge, 1981).

Huang *et al.* (1985) afirmó que, cuando existe un buen manejo de esta planta, se logran obtener, incluso, hasta 20 toneladas de materia por hectárea; y posee una densidad de 50,000 plantas/Ha.

4.16.2 Pastoreo

Se tiene pensado que la variedad peruana de *L. leucocephala* se posiciona como una de las más versátiles para utilizarse como forraje de ramoneo. Lo anterior, debido a que se ha constituido en un árbol vigoroso y, por ende, ramificado. Hay que aclarar que, a partir de un buen control, el ganado puede lograr, con mayor facilidad, su follaje. En este sentido, la leucaena, al constituirse como forraje, se convierte en una de las leguminosas tropicales preferidas por los animales, debido a su gustosidad. La *Leucaena leucocephala* se puede relacionar, de manera permanente, con una gran diversidad de especies amacollados o zacates rastreros. Incluso, puede instituirse en lotes compactos (FIRA, 1980).

La altura del corte que resulta más conveniente es la de 5 a 15 cm. Esto es esencial para incrementar la ramificación desde el rango del suelo. Cabe recordar que este procedimiento debe llevarse a cabo al empezar el temporal, con el fin de mejorar la recuperación y, en este sentido, no impactar la disponibilidad de forraje. Si las plantas están demasiado altas durante una zona crítica, se recomienda podar un metro. Lo anterior se debe a que la recuperación es mucho más eficaz por la mayor movilidad de reservas y disponibilidad de las yemas (Brewbaker, 1987).

Es justo decir que la siembra de zacates con la leucaena ya instaurada se puede llevar a cabo cuando esta posee una altura de 50 cm, con el fin de prevenir situaciones problemáticas de competencia. El primer pastoreo debe ejecutarse cuando se ha tenido una altura de 1 m o dependiendo del vigor de la planta (Brewbaker, 1987).

4.16.3 Producción de semillas

Se ha determinado que la *L. Leucocephala* se caracteriza por florecer en todo el lapso del año; pero debe contener suficiente humedad. Bajo circunstancias de riego se ha determinado que en ciertos meses (abril, mayo y junio) disminuye la floración; es decir, en épocas con temperatura que sobrepasa los 30°C. La baja humedad ambiental influye en la polinización. Para el caso de la producción de semillas, no se requiere la utilización de agua de riego. No obstante, las mejores producciones se han alcanzado bajo las circunstancias (FIRA, 1980).

Es importante dejar claro que la semilla debe preservarse en un ambiente que esté ventilado y seco. En ciertos momentos se sugiere tener control de las semillas con el uso de fungicidas e insecticidas, con el fin de prevenir que aparezcan enfermedades y/o plagas. Cabe aclarar que si los arbustos logran alturas superiores a 2.5 m, es fundamental podarlos antes de la floración para asegurar la cosecha (FIRA, 1980).

4.17 Utilización y manejo

Jones (1984) expresó que la vegetación nativa de leucaena que se expone en los trópicos es ramoneada por el búfalo, cabra y ganado. En ciertas naciones, la leucaena se da de manera natural y también está dirigida para el consumo humano. Por otro lado, algunos países como Tailandia, México e Indonesia se emplean como verdura; en el territorio mexicano, por tanto, se usan las vainas tiernas para manejar los parásitos o desórdenes del estómago. Para el caso de Taiwán, se plantearon 10 000 h de las variedades para rayón, papel y madera. En contraste, en la India esta

especie es sembrada para ser usada como alimento y venta de madera con fines de combustible. Según información, Poona (BAIF) se ha encargado de distribuir 40 toneladas de semilla y 400 000 árboles para emplearse como forraje principalmente. El ganado se inclina por el consumo de pastos verdes y, por ende, la leucaena es una gran opción.

A los seis meses de sembrada, se puede realizar el primer pastoreo de la leucaena; sobre todo, en los periodos de mayo y junio. Los bloques de proteína o los lotes compactos de esta especie se usan cuando no hay suficiente extensión de suelo cultivable y tiene un fácil control del ganado (SARH, 1992).

De ahí que no se sugiere que la leucaena se emplee para alimentar no rumiantes, dado que esto produce trastornos secundarios, verbigracia: se pierde el apetito, hay mareo y se cae el pelo. La toxicidad desaparece cuando ya se suspende el consumo. No se puede negar que la leucaena favorece al desarrollo de grandes zonas del mundo, específicamente, las tropicales (Brewbaker, 1987).

4.17.1 En la agricultura

En Nigeria, en palabras de Jones (1984), la leucaena se da en las zonas más húmedas y se presenta como una forma natural. Además, se poda de forma periódica para evitar que haya una gran cantidad de sombra. En ese territorio, las hojas y las ramas se entierran para ser empleadas como abono.

De acuerdo con los experimentos llevados a cabo en ese territorio, se expone que es posible obtener de 3 a 4 toneladas de fertilizante de nitrógeno en el caso de la siembra de maíz. Esta especie se concibe como una mejoradora del suelo, ayuda en la erosión y es útil para generar sombra de cultivos. La leucaena se puede constituir como una de las fuentes renovables de nitrógeno que son más baratas en el mundo. Puede extraer nutrientes imprescindibles como fósforo, nitrógeno, calcio y potasio a partir de la fijación de nitrógeno por medio de los nódulos y la habilidad para quebrantar capas compactas del suelo. Las hojas, al descomponerse en humus, mejoran las circunstancias biológicas y físicas (INIFAP, 1986).

Huang *et al.* (1985) comentaron que la hoja de leucaena puede rendir hasta 10 ton/ ha “en base seca con 300 kg/ha de nitrógeno la cual se aplica entre 50 y 100 cm” (Sabino, 2000).

4.17.2 Sombra para cultivos

Es importante comentar que el follaje de la leucaena es usado para ofrecer sombra en cultivos, por ejemplo, en café o pimienta. La compatibilidad de la leucaena frente al cultivo depende de la profundidad de sus raíces (Oakes, 1986). De forma similar, Brewbaker y Soresson (1990) afirmaron que la planta de leucaena genera sombra a los cultivos; además que suministra abono y sostén para otras plantas, por ejemplo, las trepadoras.

4.17.3 Control de la erosión

Su sistema radicular favorece a la leucaena, en tanto que le permite obtener un buen anclaje. Por esta razón, se le puede asociar como una planta que es altamente resistente al viento. Un caso es Indonesia, donde se han plantado 1000 ha de leucaena, con el fin de conservar la tierra y como alimento para los animales (ganado). En promedio, hay 20 000 ha que están sembradas en las islas de este país. Cuando se podan las ramas, estas se emplean como fertilizante para diversas cosechas. Incluso, la leucaena puede incentivar que el río fluya, puesto que ayuda a estabilizar la tierra y preservar la corriente de agua (Jones, 1984).

4.17.4 Leucaena y producción de forraje para el ganado

Esta especie se caracteriza por ser una leguminosa tropical que posee una productividad forrajera que es superior al cultivo de alfalfa. Es justo decir que la producción se ve influenciada por varios elementos como altura, control, precipitación y variedad. De acuerdo con las producciones halladas, se estipula que hay 102.5 toneladas anuales de forraje verde por ha. No obstante, cuando hay circunstancias idóneas de riego y precipitación, se pueden relacionar como producciones medias aquellas que comprenden las 10.6 a 24 toneladas anuales de materia seca por ha (Alfárez, 1976).

“Debido a que posee un nivel alto de valor nutritivo, el follaje de la leucaena se posiciona como un gran ingrediente para aves y ganado. Es necesario decir que los porcentajes de digestibilidad oscilan de 65 % a 85 % y se puede comparar con el cultivo de la alfalfa. En cuanto a su proteína, esta “varía de 4 % a 23 % en base natural y de 5 a 30 % en base seca (Cuadro 2)” (Sabino, 2000).

Cuadro 2. Producción y calidad de forraje de la *Leucaena leucocephala*

Altura de corte (m)	Forraje seco t/h	Proteína cruda %	Digestibilidad %
0.20	8.28	28.96	81.70
0.40	6.02	30.06	80.66
0.60	9.51	29.66	77.70

Fuente: Eguiarte y Rodríguez (1985).

Glumac *et al.* (1981) comentaron que la leucaena posee, en promedio, un 70 % de digestibilidad de la materia seca que es de buena calidad nutritiva. Como se ha mencionado, esta especie contiene una gran calidad nutritiva como cualquier leguminosa tropical. Además, tiene a su disposición un potencial en ganancias a diferencia de otra gramínea tropical. Los novillos castrados pueden incrementar su peso hasta 300 kg, debido a los nutrientes que tiene la leucaena. Al ser una fuente de potasio y calcio, también lo es de caroteno. En comparación con la alfalfa, la leucaena posee altos niveles de vitamina A y K. No obstante, su exceso genera efectos tóxicos provocados por la mimosina, un aminoácido que afecta a los animales no rumiantes.

De acuerdo con experimentos, la mimosina se degrada por la bacteria *Synergistes jonesii* en diferentes animales (48). Sin embargo, en animales que cohabitan en zonas templadas o tropicales, sí se les puede introducir esto para una adecuada degradación (FIRA, 1980, Middleton, 1995).

Frente a esto, Bray (1984) manifestó que hay un gran potencial de ser planta de forraje por parte de la *Leucaena leucocephala* y *L. pulverulenta* (Cuadro 3).

Cuadro 3. Contenido de aminoácidos de la proteína de harina de *Leucaena leucocephala*

Aminoácidos	%	Aminoácidos	%
Alanina	1.24	Metionina	.31
Arginina	1.41	Fenilalanina	1.18
Acido aspártico	2.35	Prolina	1.29
½ Cistina	.36	Serina	1.04
Acido glutámico	2.46	Treonina	1.02
Glicina	1.13	Triptófano	----
Histidina	.60	Tirosina	0.94
Isoleucina	1.10	Valina	1.24
Leucina	1.98	Proteína	22.00
Lisina	1.48		

Fuente: Bray, 1984.

4.17.4.1 Alimentación de bovinos

En el caso de Australia, la leucaena es usada como una postura nutritiva. En momentos de lluvia y con una precipitación determinada los novillos castrados logran un incremento de peso de 7 a 1 kg/día. En épocas de irrigación, se pueden preservar hasta tres novillos castrados en una zona de terreno. En promedio, logran 250 kg de peso, mientras que si son alimentados solo con pasto llegan a 100-130 kg (Middleton, 1995).

La leucaena se caracteriza por ser una planta de ramoneo, la cual resulta esencial en la alimentación de los bovinos. Lo anterior, debido a que, entre sus características, sobresale la resistencia y adaptación a la sequía. Es tal su importancia que se podría decir que es la única especie que es usada de forma intensiva y comercial en el terreno mexicano y otros lugares. Por tener una alta producción de forraje, la leucaena en praderas cultivadas sustenta cargas pesadas. Las gramíneas-leucaenas aguantan 2.5 animales. En zonas subtropicales con una precipitación de 1000 mm y, en promedio, con cargas de tres novillos ha, se han generado de 350 a 400 kg de peso vivo. Bajo las circunstancias de riego en lotes de leucaena con una carga de 6.2 novillos, se lograron 830 kg anual de carne/ha (SARH, 1992).

Con respecto a la ceba de novillas con el uso de caña integral o ingenio, se ha descubierto el potencial de la *L. Leucocephala* para reemplazar otras fuentes de proteína. Hay que dejar claro que el color de la grasa cuando los animales son animales con leucaena es de color amarillo, mientras que es de color blanco si es engordado con grano (FIRA, 1980).

Por si fuera poco, el alto contenido proteico la convierte en un gran nutriente para aportar en la producción de leche (Figura 1); sumado a esto, ayuda a complementar los concentrados. Un caso a mencionar es Hawaii, en donde se usa la leucaena para este fin. Se obtuvieron hallazgos en un periodo de cinco años, donde se incrementó el nivel de leche (5116 kg) (FIRA, 1980).



Figura 1. Ganado bovino alimentándose de leucaena

En el territorio australiano, una pradera de leucaena, la cual estaba relacionada con *green panic* y con una carga de 4.3 vacas jersey, arrojó un promedio diario de 9.7 kg de leche durante un lapso de 9 meses (Midleton, 1995).

En el área cafetera se observaron incrementos significativos en la producción de leche. En nueve vacas jersey, las cuales eran alimentadas con dos hectáreas de esta especie y suplementadas con melaza, se pudo precisar un aumento de la producción diaria de leche. La leucaena tiene la versatilidad de transmitir sabor y olor al producto. Cabe destacar que dicho olor no se elimina de la refrigeración y se mantiene en elementos de requesón y quesos, lo cual desaparece la pasteurización. Dicho sabor y olor se puede evitar al suprimir el consumo del forraje antes de la ordeña. Cuando las vacas pastorean en praderas de gramíneas no generan olor y sabor en la leche (FIRA, 1980).

4.17.4.2 Alimentación en ovinos y caprinos

Debido a su toxicidad, la ingestión de leucaena en ovinos debe tener un equilibrio con gramíneas; o la utilización de rangos relativamente bajos cuando es ofrecida sola. Los efectos negativos de ovinos alimentados con leucaena son: pérdidas de peso y muertes neonatales. Sobre el uso de leucaena en la alimentación de cabras no hay suficiente información. Para el caso australiano, se determinó que las cabras tienen la posibilidad de recuperarse de los impactos tóxicos si se combina

la leucaena con otro forraje. Incluso, si los rangos de mimosina poseen niveles inferiores a 1.8 %. Investigaciones en cabras dejaron entrever que algunas de estas han desarrollado una bacteria que es hábil para descomponer la mimosina. Si esta resulta fácil de reproducir, se integrará a otros animales para que no se vean afectadas por el alcaloide. Otras estrategias para disminuir el contenido de mimosina en un 50 % es, en primer lugar, secar sus hojas a grandes temperaturas o sumergirlas en sulfato ferroso (Benge, 1981).

En un experimento llevado a cabo por Thi Hong (1997) para la Universidad de Vietnam, se usaron cuatro leguminosas para observar la digestión en cabras que estaban en un proceso de crecimiento. Cabe aclarar que las leguminosas utilizadas fueron: “*Sesbania grandiflora*, *Leucaena leucocephala*, *Hisbis rosasinensis* y *Ceiba pentadra*” (Mackee *et al.*, 1997). Se usaron cuatro cabras con un peso de 10 kg a 12 kg. La ingestión del follaje CP= 0.24 en todos los tratamientos para la materia seca e ingestión de la proteína cruda se diferenciaron de manera significativa (P = 0.001) con principios elevados para “*Sesbania grandiflora*, seguido por *Leucaena leucocephala*, *Ceiba pentadra* e *Hisbis rosasinensis*” (Sabino, 2000). En cuanto a los rangos de coeficientes de digestibilidad de la materia seca; estos oscilaron entre 74.8, 75.9, 68.0 y 76.0% para estas especies. Hubo diferencias de digestibilidad de (P 0 .038) en proteína cruda con valores bajos de *Hisbis rosasinensis*, y *Ceiba pentadra* con (50.5 y 49.3) comparado con *Leucaena leucocephala* y *Sesbania grandiflora* con (66 y 63.5). La absorción de alimento de la materia seca puso en correlación (R = .86) en la absorción de proteína cruda, los cambios fueron, 143, 89, 51 y 74 g/día (P 0 0.067) por *Sesbania*, leucaena, *Hisbis* y ceiba respectivamente.

De acuerdo con la información propuesta, se afirma que el follaje de *Sesbania grandiflora* y *Leucaena leucocephala* poseen un gran nivel de tasa de alimentación para animales como las cabras; a diferencia de la *Ceiba pentadra* e *Hisbis rosasinensis*. Aunque, de los cuatro follajes, se requiere mantenimiento para el crecimiento de estos animales (Mackee *et al.* 1997).

4.17.4.3 Alimentación en aves

En el territorio filipino, la leucaena se posiciona en un sitio importante en el aspecto de alimentar aves. El objetivo de integrar la leucaena en la dieta de las aves consiste en aprovechar las características de pigmentación de las hojas, sobre todo, las que por su gran contenido de xantofilas (762 mg/kg) se emplean como fuente económica y natural de pigmentos. Ayuda en la coloración de la piel de las aves y, más específicamente, de las yemas; esto reemplaza el uso de

pigmentos importados que son sintéticos. Por ejemplo, en México se han visto incrementos en la coloración de huevos de codornices que fueron alimentados con harina de hojas. Se puede emplear un 5 % de la especie y esta restricción se debe a la toxicidad de la mimosina. Ahora bien, en las gallinas alimentadas con esta planta se vio un mayor porcentaje de incubabilidad y, a su vez, un menor rango de muertes en los pollos. Esto se debe al alto contenido de vitamina A y caroteno que habita en la planta (FIRA, 1980).

Brewbacker y Soresson (1990) comentaron que a los caballos y pollos se les pueda dar un nivel bajo de mimosina (0.5 % a 1 %). Especialmente, se sugiere dar especies que no tienen una gran cantidad de enzima: “*L. Diversifolia* y *L. pulverulenta*”.

4.17.5 En la reforestación

No se puede negar que los árboles y, sobre todo, las especies vegetales son una fuente de oxígeno que favorece la vida. Construyen una cubierta vegetal que busca proteger al suelo de la erosión. Además, se han convertido en una fuente de alimentación de la fauna silvestre y del ganado, dado que favorecen el hábitat de las especies y aves. Sin embargo, reforestar no debe entenderse exclusivamente como plantar un árbol, sino un proceso que empieza en los viveros y termina cuando la planta ya está establecida (SARH, 1992).

Por sus diferentes atributos, la leucaena se instaure como una planta importante en los programas de reforestación, por ejemplo: su capacidad de vivir en suelos erosionados pedregosos, en zonas secas y tener resistencia (Pérez, 1979; FIRA, 1980). Si se desea hacer control de la erosión, Viator (1983) recomendó realizar la siembra en terrazas que se mezclan con otros cultivos como ciruelo, vainilla, pimienta, clavo, entre otros. Además, es conveniente que esté preparado para establecer líneas rompedores de leucaena, debido a la posibilidad de que haya fuego (FIRA, 1980).

4.17.6 En la producción de madera

La *Leucaena leucocephala* es una especie importante para la producción de madera. Los rendimientos que superan los 15 m³/ha/año se pueden asociar como muy buenos (Pancracio, 1982).

En México y otros países se han empleado ramas y tallos de leucaena para combustible. La explotación ha provocado una reducción de la población de leucaena. No obstante, su habilidad de regeneración y su rapidez al momento de crecer, la convierten en una especie significativa para el

proceso de leña. Sumado a esto, domina grandes hectáreas del trópico subhúmedo (Pérez, 1979; Campos, 1992).

A partir de ciertos cálculos, se ha dejado claro que 1 ha de leucaena en su máxima productividad generaría combustible a, en promedio, diez familias. La leña posee una densidad alta y se caracteriza por ser semidura; sus valores caloríficos oscilan de 3,800 a 4,700 cal / kg. En el siguiente cuadro se condensan sus cifras.

Cuadro 4. Valores de combustión de la leucaena

Combustible	Combustible (Cal kg ⁻¹)	Humedad (h)%	Cenizas (%)
Madera de <i>leucaena</i>	3,895	10.9	1.6
Carbón	7,250	---	1.0
Maderas suaves secada al aire libre	2,700	30	1.2
Petróleo combustible	10,000	---	---

Fuente: Campos, 1992.

4.17.7 Otros usos

En México la leucaena se aprovecha en todo sentido, es decir, se usan sus hojas (condimentos), tallos (verduras o elaboración de salsas), semillas (se tuestan para hacer sopas) y yemas como alimento humano. En un estudio de las semillas de *L. leucocephala* se concluyó que contenían, en promedio, 31.8 % de proteína (FIRA, 1980).

La leucaena, debido a su poca demanda, no se usa en el cultivo agrícola intensivo. Esta se satisface con el autoconsumo y producción local. En cuanto a las habilidades medicinales, las semillas se usan para tratar parásitos intestinales. Igualmente, en su uso más cotidiano, ayuda a prevenir y tratar la amibiasis. La mimosina ayuda a evitar el nacimiento de bacterias patógenas como es el caso de la *Escheriachia coli* y, a su vez, de la *Salmonella thyphimurium*. Incluso, son usadas para controlar tumores endocrinos y melanomas (Brewbaker, 1987).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del sitio experimental

La presente investigación se realizó en un domicilio particular en un espacio que se acondicionó expresamente para tener un seguimiento diario de los embriones y su manejo en Tlatlauquitepec, Puebla. a una altura de 1895 msnm en las coordenadas latitud $19^{\circ}50'48.7''$ N y longitud $97^{\circ}29'50.1''$ W (INEGI,2009) (Figura 2).

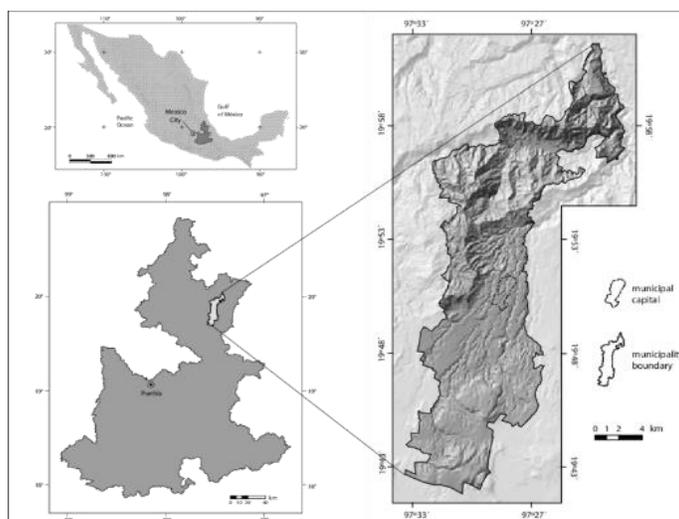


Figura 2. Localización del sitio experimental

5.2 Material biológico para utilizar

Se usaron semillas de *Leucaena leucocephala*, se utilizaron semillas completas y con apariencia exterior sana (Figura 3). Las semillas fueron cosechadas en marzo de 2021 en la Huasteca de San Luis Potosí, municipio de Tamazunchale. El material genético proviene de un compuesto balanceado (representativo) de ocho plantas cosechadas. Las semillas reunidas de cada árbol cosechado fueron sacadas de vainas maduras y de apariencia sana, de cada árbol se procuró aproximadamente el mismo volumen y se mezcló en un recipiente. Se mantuvieron dentro de una caja de cartón en Teziutlán, esto, a la sombra y a temperatura de casa habitación (21°C aproximadamente).



Figura 3. Aspecto de la semilla a utilizar en el experimento

5.3 Contenedor

Se utilizaron charolas de unigel de 200 cavidades, se usó como sustrato bocashi.

Para asegurar el suministro de agua, las charolas ya sembradas se pusieron a flotar en agua. El recipiente para el agua se preparó formando un cuadro con block, que se forro en su interior con polietileno y después se añadió agua hasta una altura de 5 cm.

5.4 Sustrato

Se preparó una mezcla con materiales de la región, las cantidades se hicieron basándonos en el volumen de cada material. Se recolectó hojarasca, que se puso al sol por tres días para deshidratación parcial. Luego se pasó en una malla de 0.5 cm, el material que pasó se usó considerándose seis partes. Por separado se midieron 3.5 partes de suelo de barranco cribada en malla de 0.5 cm y el tercer componente fue 0.5 partes de tezontle cribado en malla de 0.3 mm. Los cuales se revolvieron perfectamente.

Antes de llenar las charolas se midió el pH y la conductividad eléctrica con un kit modelo 850081 Sper Cientific®, en una disolución de 120 ml de sustrato homogeneizado más 120 ml de agua destilada, los siguientes resultados, fueron el promedio de tres lecturas hechas en la misma muestra; pH de 6.8, conductividad eléctrica de 2.1 ms/cm.

5.5 Siembra

La prueba de calidad de semillas se estableció entre sustrato, de acuerdo con procedimientos de la International Seed Testing Association (ISTA, 2007). Las charolas se llenaron hasta 0.5 cm antes de la superficie de la charola, se depositaron cuatro semillas por cavidad y después se tapó con una capa de 0.5 cm con el sustrato, es decir las charolas quedaron rasadas con sustrato.

5.6 Labores culturales

Se acomodaron las charolas flotantes en un sitio aislado fuera del alcance de animales domésticos. El espacio cuenta con entrada de luz directa del sol. Se realizó periódicamente la revisión del nivel de agua en el contenedor y se agregó cuando hubo presencia de evaporación excesiva hasta llegar de nuevo a los cinco cm de altura de agua.

Se eliminaron los organismos vegetales diferentes a leucaena que nacieron, mismos que provenían de semillas que estaban en el suelo cribado.

5.7 Tratamientos evaluados

En una estufa se calentó el agua de los diferentes tratamientos y para mantener la temperatura estable durante los 30 minutos del osmoacondicionamiento, el recipiente que contenía las semillas se acercaba o se retiraba de la flama cuando la temperatura variaba 3°C a la alza o a la baja, para lo cual se usó un termómetro de varilla marca Tel-tru®.

Los tratamientos que fueron evaluados son los que se presentan en el siguiente cuadro. Cada tratamiento se estableció con veinte repeticiones. Una cavidad es igual a una repetición, y en cada cavidad o repetición se sembraron cuatro semillas.

Cuadro 5. Descripción de los tratamientos evaluados en semillas de leucaena

Tratamiento °C	Descripción
A	Osmoacondicionamiento durante 30 minutos con agua a temperatura ambiente.
39	Osmoacondicionamiento durante 30 minutos con agua a una temperatura de 39°C +/- 3°C.
52	Osmoacondicionamiento durante 30 minutos con agua a temperatura de 52°C +/- 3°C.
78	Osmoacondicionamiento durante 30 minutos con agua a temperatura de 78°C +/- 3°C.
93	Osmoacondicionamiento durante 30 minutos con agua a temperatura de 104°C +/- 3°C.

5.8 Diseño experimental

Se estableció como un diseño factorial A x B [A = cinco tratamientos (°C) y B = dos evaluaciones de plántulas] bajo un diseño completamente al azar. Además, se corrió el análisis estadístico bajo un bifactorial al azar con veinte repeticiones. La unidad experimental fue una plántula, misma que estaba contenida en una cavidad.

El experimento se distribuyó en 3 charolas, una de 200 cavidades, las dimensiones de cada cavidad son 25 mm de ancho x 25 mm de largo por 70 mm de profundidad. Se utilizaron 100 cavidades para las plántulas de la primera evaluación la cual se realizó a los 39 días después de la siembra (D. D. S.) y las dos charolas restantes fueron de 60 cavidades cada una con dimensiones de 140.13 mm de diámetro y 150 mm de profundidad fueron utilizadas para la segunda evaluación misma que se realizó a los 78 D. D. S. (Cuadros 6 y 7).

Cuadro 6. Arreglo aleatorizado de tratamientos de temperatura de osmoacondicionamiento en la parcela experimental para evaluar a los 39 D. D. S.

Temperatura del agua (°C) en los tratamientos									
A	39	93	78	52	93	A	39	52	78
R10	R10	R3	R1	R2	R20	R11	R13	R11	R12
R9	R8	R6	R2	R3	R19	R18	R16	R12	R13
R8	R6	R9	R3	R1	R18	R16	R19	R13	R11
R7	R4	R1	R4	R5	R17	R14	R11	R14	R15
R6	R2	R4	R5	R6	R16	R12	R14	R15	R16
R5	R9	R7	R6	R4	R15	R19	R17	R16	R14
R4	R7	R2	R7	R10	R14	R17	R12	R17	R20
R3	R5	R5	R8	R7	R13	R15	R15	R18	R17
R2	R3	R8	R9	R9	R12	R13	R18	R19	R19
R1	R1	R10	R10	R8	R11	R20	R20	R20	R18

A = Temperatura ambiente (20°C)

D. D. S = Días después de la siembra

Cuadro 7. Arreglo aleatorizado de tratamientos en la parcela experimental para evaluar a los 78 D. D. S.

Temperatura del agua (°C) en los tratamientos									
39	A	52	93	78	A	52	39	78	93
R10	R10	R3	R1	R2	R20	R20	R13	R11	R12
R9	R8	R6	R2	R3	R19	R18	R16	R12	R13
R8	R6	R9	R3	R1	R18	R16	R19	R13	R11
R7	R4	R1	R4	R5	R17	R14	R11	R14	R15
R6	R2	R4	R5	R6	R16	R12	R14	R15	R16
R5	R9	R7	R6	R4	R15	R19	R17	R16	R14
R4	R7	R2	R7	R10	R14	R17	R12	R17	R20
R3	R5	R5	R8	R7	R13	R15	R15	R18	R17
R2	R3	R8	R9	R9	R12	R13	R18	R19	R19
R1	R1	R10	R10	R8	R11	R11	R20	R20	R18

A = Temperatura ambiente (20°C)

D. D. S = Días después de la siembra

5.8.1 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_j + \beta_k + (\alpha\beta)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = La respuesta del sujeto i bajo la combinación del j valor del factor A y el k valor del factor

B.

μ = La media común a todos los datos del experimento.

α_j = El efecto o impacto del j nivel de la variable de tratamiento A.

β_k = Efecto del k valor de la variable de tratamiento B.

$(\alpha\beta)_{jk}$ = Efecto de la interacción entre el j valor de A y el K valor de B.

ϵ_{ijk} = Error experimental.

i = °C de 1 hasta 5

j = Evaluaciones D. D. S., 39 y 78

$k = 1, \dots, n$

5.9 Variables evaluadas

5.9.1 Días a emergencia de la primera plántula

Se tomó mediante la observación visual diaria, al apreciarse claramente el hipocótilo (punta de crecimiento) saliendo sobre el suelo. Para esta variable se registró el número de días a emergencia cuando hubo al menos un vástago por cada cavidad.

5.9.2 Altura de plántula en mm

La altura total (AT, mm) se midió con mucho cuidado utilizando regla de 30 cm, misma que se tomó a ras de suelo (cuello de raíz) hasta el ápice de la planta.

5.9.3 Longitud de raíz (mm)

La longitud total (LT, mm) se midió con mucho cuidado con una regla de 30 cm, sacando la plántula de la charola y separando el cuello de la raíz con una tijera de la parte de la plántula.

5.9.4 Altura total (mm)

La longitud total (LT, mm) se midió con mucho cuidado con una regla de 30 cm, sacando la plántula de la charola

5.9.5 Peso fresco de follaje (mg)

Se midió este parámetro en base fresca (g) tanto para raíz como para la parte aérea. Para determinar estos datos de peso fresco, los órganos en cuestión de cada planta fueron separados justo por el cuello de la raíz para poder determinar los pesos individuales con una báscula digital de precisión 0.001 g.

5.9.6 Peso fresco de raíz (mg)

Se midió este parámetro en base seca (g) tanto para raíz como para la parte aérea. Para determinar estos datos de peso seco, los órganos en cuestión de cada planta se colocaron por separado en bolsas de papel estraza y se mantuvieron hasta obtener peso constante dentro de una

estufa de convección eléctrica marca RIOSSA, México a una temperatura constante de 70 °C. Transcurrido este tiempo los pesos se determinaron con una báscula digital de precisión 0.001 g.

5.9.7 Peso fresco total (mg)

Se midió este parámetro en base seca (g) tanto para raíz como para la parte aérea. Para determinar estos datos

5.9.8 Índices de calidad morfológica de plántula

Los índices de calidad sobre los cuales se aportarán resultados cuantitativos posterior a su respectivo análisis de varianza y prueba de medias de Tukey ($P \leq 0.05$) serán dos: a) el índice de esbeltez (IE) y el índice de calidad de planta de Dickson (ID); estos parámetros se calcularon de acuerdo con el procedimiento establecido en Rodríguez (2008) aplicando las siguientes fórmulas:

$$IE = \text{Índice de esbeltez, } IE = \frac{AT}{DC}$$

$$ID = \text{Índice de calidad de Dickson, } ID = \frac{PST}{\frac{AT}{DC} + \frac{PSA}{PSR}}$$

Donde:

AT = Altura total (cm)

DC = Diámetro al cuello de la raíz (mm)

PST = Peso seco total (g)

PSA = Peso seco parte aérea (g)

PSR = Peso seco de raíz (g)

LR = Longitud de raíz (cm).

5.10 Análisis estadístico

Todos los datos registrados se capturaron en una hoja de Excel; después, se exportaron dichos datos al programa IBM* SPSS Statistics versión 22, ahí se corrió el análisis estadístico bajo un bifactorial en Completamente al azar. La prueba de separación de medias para categorizar los tratamientos que se utilizó fue Tukey ($P \leq 0.05$).

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los análisis de varianza detectaron diferencias estadísticas significativas para tratamientos en todas las variables evaluadas (anexo); lo anterior es evidencia que las temperaturas exploradas para osmoacondicionar la semilla fue amplio.

6.1 Prueba de germinación

Los resultados que se obtuvieron a los 14 días después de la siembra, se presentan a continuación: el tratamiento a temperatura ambiente nos arrojó nueve semillas germinadas, a 39 °C se obtuvieron nueve semillas germinadas, a 52°C se presentó el mayor número de semillas germinadas con 59 plantulillas completas (59%), mientras que para a 78°C fueron siete semillas germinadas y por último a 93°C no germinó ninguna semilla, se perdió la viabilidad por la combinación de temperatura alta más los 30 minutos de tiempo; en contraste, Sánchez *et al.* (2018) en el cultivar Cunningham usaron 80°C pero sólo durante un lapso de tres minutos y hallaron un porcentaje de germinación de 55%. De manera natural no se presentan temperaturas tan altas como 52 °C. Se rompió el 50% de la latencia de las semillas al utilizar agua a 52°C durante 30 minutos.

6.2 Temperaturas durante la duración del experimento

Es muy importante considerar que todos los procesos del ciclo de desarrollo de cualquier especie vegetal son catalizados por las temperaturas. Se registraron las máximas y mínimas en °C para los 79 días en los cuales se desarrolló el experimento. La temperatura máxima promedio del intervalo fue 20.5°C y la temperatura mínima promedio fue de 13°C; las semillas germinaron y crecieron a pesar de que son valores de temperatura inferiores en comparación con las temperaturas cálidas de la zona de cosecha de las semillas.

6.2.1 Días a emergencia de la primera plántula

Los promedios para esta variable dentro de los dos tiempos a evaluación se pueden observar en el siguiente cuadro, las plántulas tratadas a 52 °C emergieron más lento pero un mayor número de semillas brotaron (59%); seguido del tratamiento con 39°C (%) y el tratamiento con agua a temperatura ambiente (%), en cambio con 78° de temperatura se aceleró la germinación y la emergencia, pero brotaron sólo el 7% de las semillas, y una nula emergencia con agua a 93°C.

Cuadro 8. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para D. D. S. a emergencia de primera plántula de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78	3.57500	3.57500	
A*		6.90000	6.90000
39			7.90000
52			9.60000
Sig.	.084	.127	.307

Cuadrado medio del error = 39.284

*A= Temperatura ambiente (20°C)

D. D. S = Días después de la siembra

Obiazi (2015), quien evaluó el efecto de sumergir semillas en agua caliente y agua en punto de ebullición, menciona que al sumergir las semillas en agua en punto de ebullición puede destruir el embrión y desnaturalizar las proteínas necesarias en el proceso de germinación. Además, Miller *et al.* (2005), recomiendan la inmersión de semillas en agua caliente utilizando una temperatura máxima de 51°C y un periodo máximo de 30 minutos, para el caso de hortalizas lo cual reduce la probabilidad de presencia de patógenos. en tanto que, Tadros *et al.* (2011), mencionan que sumergir las semillas de leucaena en agua caliente durante 12 a 24 minutos y posteriormente en agua a temperatura ambiente por 24 a 48 horas, asegura romper el periodo de dormancia de las semillas, la siguiente figura muestra que se adelanta el tiempo a emergencia a 78°C.

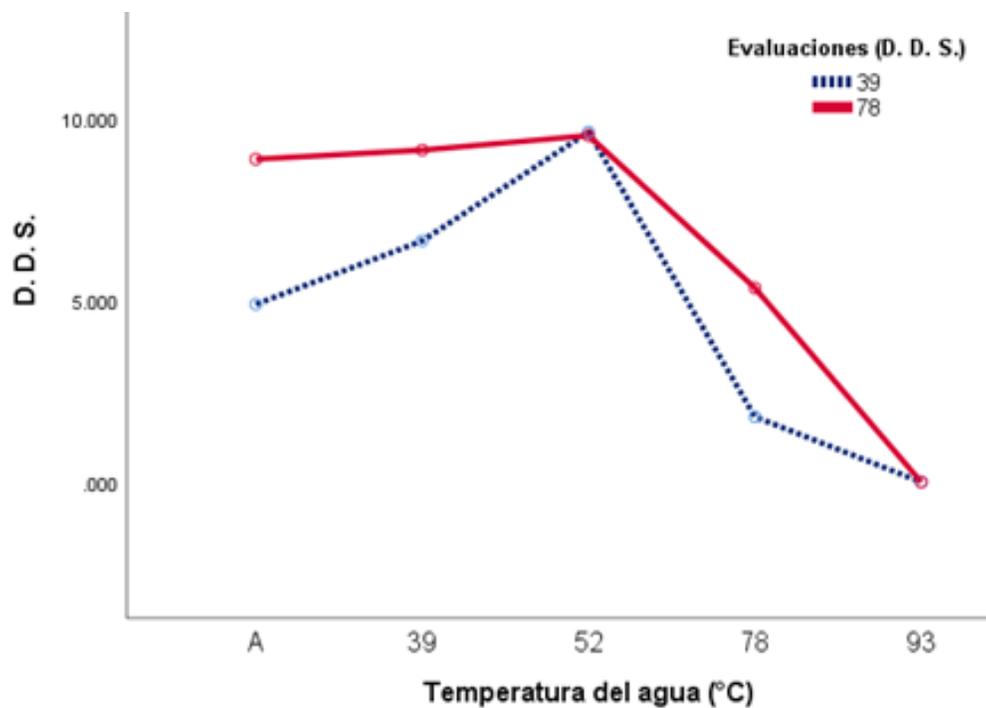


Figura 4. D. D. S. transcurridos hasta emergencia de la primera planta de leucaena
D. D. S. = Días después de la siembra

La emergencia de las plántulas del tratamiento a 52°C fue vigorosa y homogénea (Figura 5).



Figura 5. Panorama de emergencia de la primera planta de leucaena en las plantas evaluadas a los 78 D. D. S.

D. D. S. = Días después de la siembra

6.3 Altura de plántula (mm)

En el cuadro 9, se presenta la altura promedio de las plántulas para cada tratamiento, en donde el tratamiento a 52°C, presentó el mayor crecimiento y fue diferente al resto ($P < 0.05$), en tanto que los tratamientos con agua a temperatura ambiente, a 39°C y 78°C fueron iguales ($P > 0.05$).

Cuadro 9. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para altura de plántula de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78		35.32500	
A*		50.65000	6.90000
39		61.47500	7.90000
52			128.02500
Sig.	1.000	.133	1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

La figura 6 muestra el crecimiento de las plántulas y es claro que la mayor altura se presentó en el tratamiento con agua a 52°C, a pesar de esto, el crecimiento es relativamente bajo comparado con lo reportado por (de Araújo *et al.*, 2006), quienes compararon el efecto de utilizar sustrato más lodos de curtiduría y nutrición química, obteniendo alturas de hasta 92.6 cm con dichos lodo a los 90 días y asociaron el crecimiento con la alta disponibilidad de los nutrientes y la gran cantidad de materia orgánica en el sustrato. Mientras que Tadros *et al.* (2012) al evaluar el efecto del agua de riego sobre el crecimiento de las plántulas de leucaena notaron un mayor desarrollo en las plantas regadas con aguas tratadas, asociando la cantidad de minerales presentes en esta. por lo tanto, existe un efecto directo de la disponibilidad de nutrientes sobre el desarrollo de las plantas.

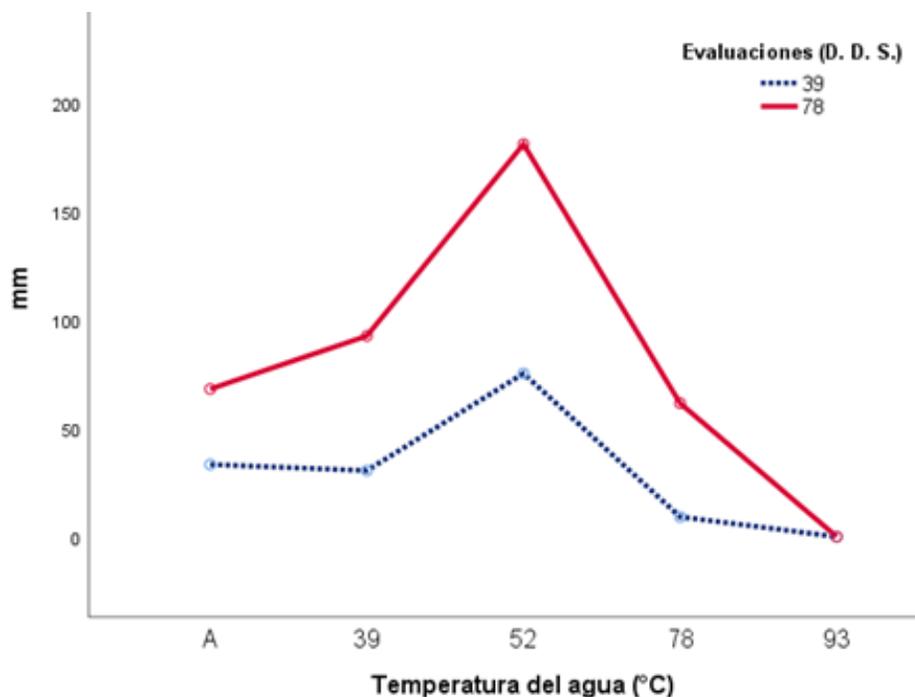


Figura 6. Altura de plántula de leucaena a los 39 y 78 D. D. S.

D. D. S. = Días después de la siembra

La siguiente figura muestra la manera de medir la altura de planta, siempre con el mismo criterio, sin aplanar o jalar las plantas y hasta el extremo más distal del cuello se tomaba la lectura. Los folíolos desarrollados en los tratamientos con agua a 52°C. El follaje de los tratamientos no mostró enfermedades o manchas atípicas.



Figura 7. Representación de la medición de longitud de plántula de leucaena

6.4 Longitud de raíz (mm)

El cuadro 10, muestra la diferencia en longitud de las raíces de las plántulas, en donde el mayor crecimiento se observa en el tratamiento con agua a 52°C, el cual es diferente al resto de los tratamientos ($P < 0.05$), mientras que los tratamientos con agua a temperatura ambiente, 39°C y 78°C, fueron similares. Para el tratamiento a 93°C no hubo respuesta. Longitudes de raíz similares al tratamiento con agua a 52°C fueron reportados por Behera *et al.* (2020), aunque a una edad de 90 días, al probar el efecto de cenizas de centrales térmicas de carbón en diferente mezcla con tierra de monte, asociado además con la disponibilidad de minerales como fósforo y potasio.

Cuadro 10. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para longitud de raíz de plántulas de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78	63.50000	63.50000	
39		95.12500	
A*		107.95000	
52			229.12500
Sig.	.072	.359	1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

A continuación (Figura 8) se observa en la evaluación a 78 D. D. S. que las raíces del tratamiento a 39°C son de menor longitud que a temperatura ambiente.

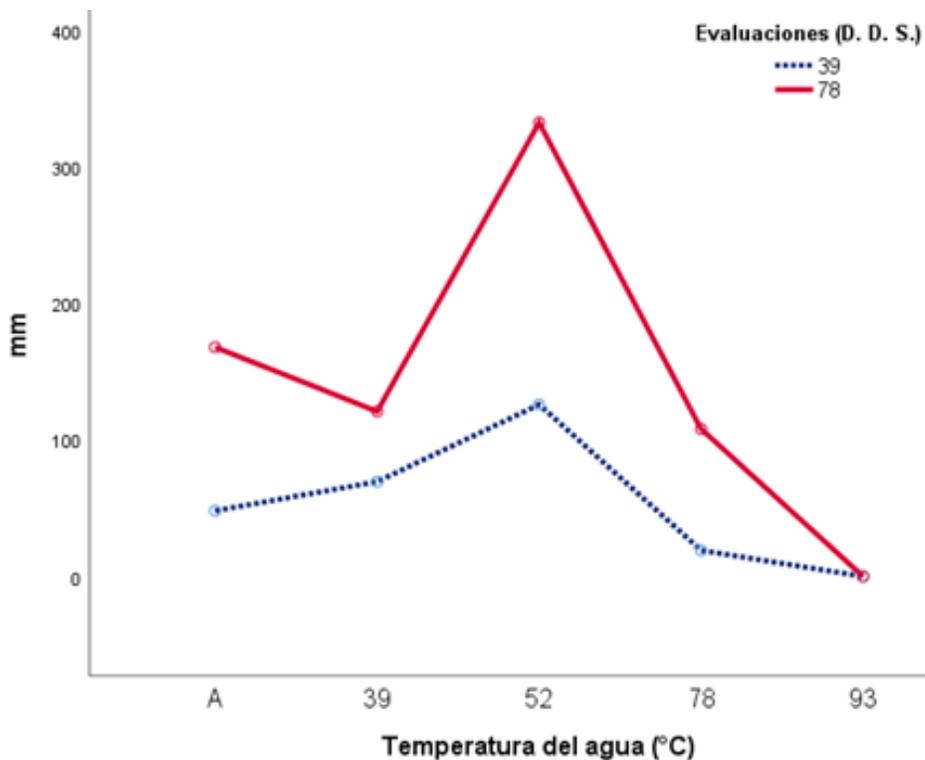


Figura 8. Longitud de raíz de leucaena a 39 y 78 D. D. S.

D. D. S. = Días después de la siembra

El manejo con raíces fue con cuidado para evitar desprendimientos, en la siguiente figura se muestra un ejemplo de la manera como se acomodó el material por encima de una regla y se acomodó siempre de la misma manera.



Figura 9. Ejemplo de la manera en que se tomó la longitud de la raíz

6.5 Altura total (mm)

De acuerdo a lo observado en el cuadro 11, el tratamiento con mayor desarrollo fue en el que se utilizó agua a 52°C, alcanzando hasta 35.7 cm y fue completamente diferente al resto de los tratamientos ($P < 0.05$), mientras que los tratamientos con agua a temperatura ambiente, 39 y 78 °C, fueron similares, sin embargo, el crecimiento de las plantas a los 78 días superó los 50 cm. Tadros y Al-Mefleh (2011), y Tadros *et al.* (2012) reportaron alturas de 17 cm aproximadamente en plantas de leucaena l. a los 21 días después de la emergencia. En tanto que Behera *et al.* (2020), reportaron alturas de hasta 75 cm mientras que (de Araújo *et al.*, 2006) reportaron altura de hasta 92 cm a los 90 días, estos crecimientos acelerados pueden estar estrechamente relacionados al clima puesto que temperaturas cálidas favorecen la división celular.

Cuadro 11. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para altura total de plántula de leucaena (mm)

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78		98.82500	
39		156.57500	
A*		158.10000	
52			357.15000
Sig.	1.000	.407	1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

En la siguiente figura se observa que el tratamiento de 52°C sobresalió en la sumatoria de longitudes de raíces más área foliar; el valor a la baja para 39°C llama la atención en esta variable como en la de longitud de raíces antes tratada, y probablemente el valor fue menor por apiñamiento (nudos) o pérdida de raíces.

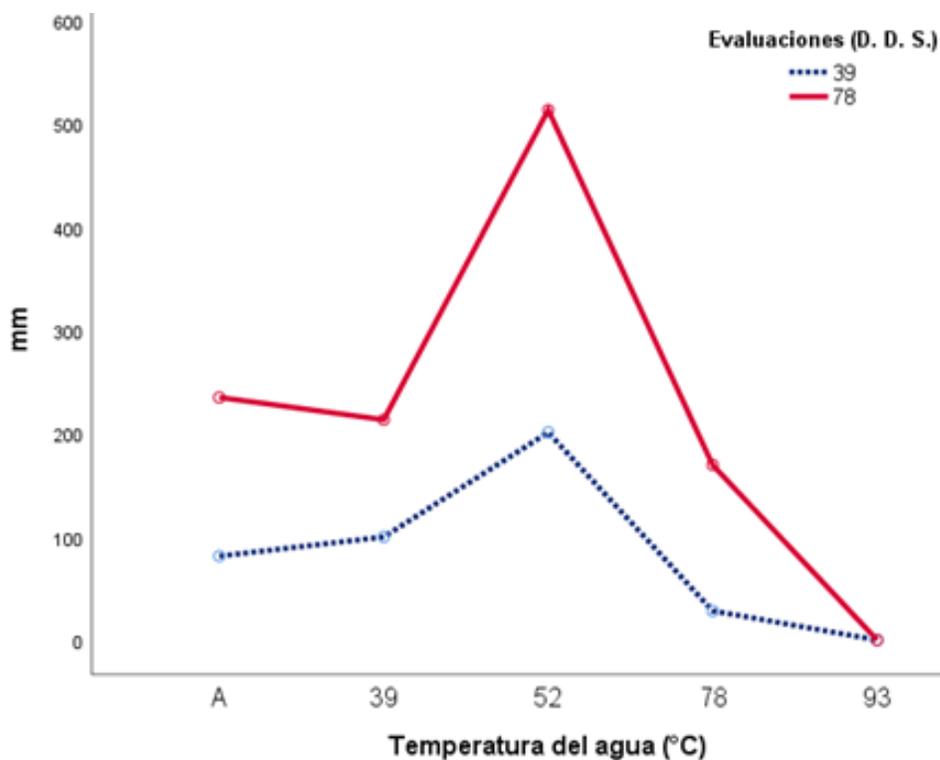


Figura 10. Altura total de plántulas (mm) de leucaena

Las plántulas fueron extraídas con relativa facilidad, los sistemas radiculares tuvieron diferente acomodo dentro de las cavidades, la siguiente figura nos muestra el aspecto general de las plantas completas después de su extracción.



Figura 11. Representación de la manera en que se colocaron las plántulas para tomar altura total

6.6 Peso fresco de follaje (mg)

Al igual que en las variables anteriores, el tratamiento con mayor peso en el follaje fue el encontrado con agua a 52°C ($P < 0.05$), mientras que el peso de los tratamientos con agua a temperatura ambiente, 39 y 78 C° fueron similares estadísticamente. El peso está estrechamente relacionado a las dimensiones de las plántulas, es decir, la altura y longitud de la raíz. Tadros *et al.* (2012), y Tadros y Al-Mefleh (2011), reportaron pesos cercanos a los 250 mg en plántulas a los 21 días (Cuadro 12).

Cuadro 12. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso fresco de follaje de plántula de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78	270.15000	270.15000	
A*		419.27500	
39		470.82500	
52			993.07500
Sig.	.083	.321	1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

Los valores encontrados en esta variable por Tadros *et al.* (2012), son similares a los obtenidos en este trabajo en las mediciones realizadas a los 39 días (Figura 12).

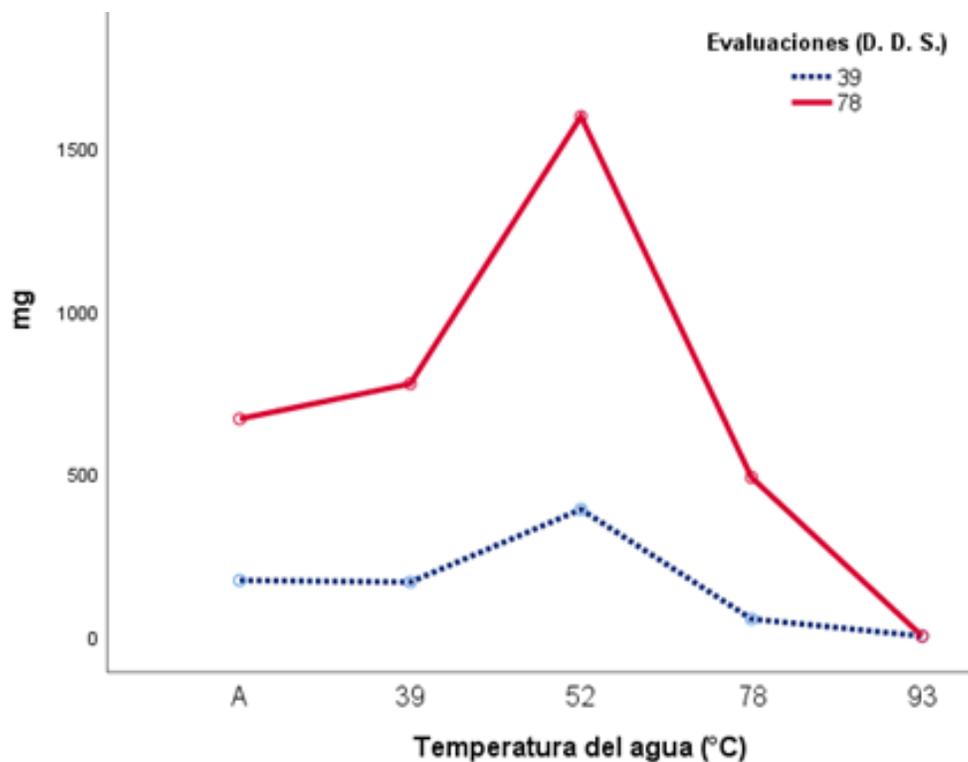


Figura 12. Peso fresco de follaje (mg) de leucaena

Las plántulas se colocaron siempre con cuidado y se esperó a la estabilización del valor en la pantalla de la báscula (Figura 13).



Figura 13. Aspecto de toma de peso fresco de follaje (mg) de leucaena

6.7 Peso fresco de raíz (mg)

Las medias del peso fresco de la raíz de leucaena se observan en el cuadro 13 donde, de manera repetida la mayor magnitud le correspondió al tratamiento con agua a 52°C ($P < 0.05$), Tadros *et al.* (2012), y Tadros y Al-Mefleh (2011) reportaron pesos menores en plántulas de 21 días después de la emergencia (40 mg). Los resultados obtenidos en este estudio fueron superiores a los autores previamente mencionados.

Cuadro 13. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso fresco de raíz de plántula de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78	181.07500	181.07500	
A*		273.82500	
39		393.27500	
52			879.07500
Sig.	.208	.093	1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

En la figura 14, se aprecia la misma tendencia que en las variables presentadas con anterioridad; en ambas evaluaciones se presenta el tratamiento de agua a 52°C como el de mayor biomasa en fresco acumulada.

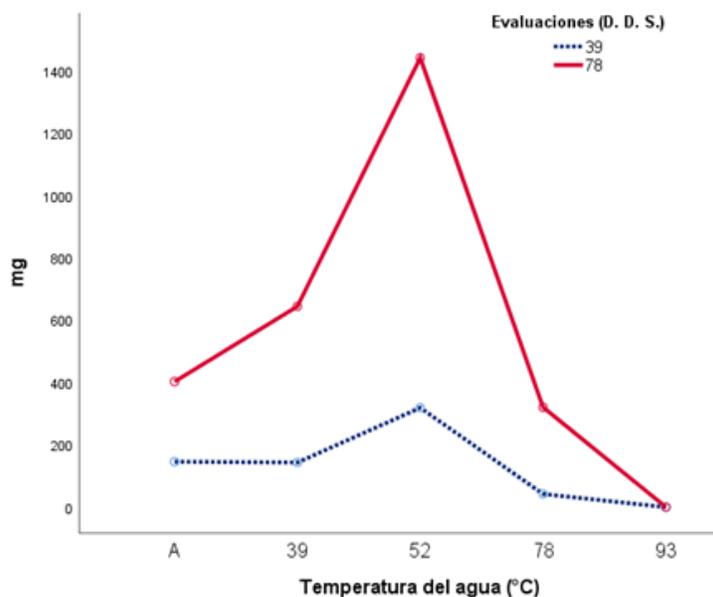


Figura 14. Peso fresco de raíz (mg) de leucaena

6.8 Peso fresco total (mg)

El siguiente cuadro muestra el peso fresco de las plántulas de leucaena fue de cerca de 3000 mg para el tratamiento con agua caliente a 52°C, el cual fue completamente superior al resto de los tratamientos ($P < 0.05$). Estos valores son similares a los reportados por Tadros *et al.* (2012), y Tadros y Al-Mefleh (2011) en sus mediciones correspondientes realizadas a los 21 días.

Cuadro 14. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso fresco de plántula de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78	451.22500	451.22500	
A*		692.57500	
39		864.07500	
52			1871.00000
Sig.	.109	.172	1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

Ambas evaluaciones muestran el tratamiento de agua a 52°C como la que permitió el mejor dato para la variable en mención. Las plantas a mayor crecimiento en longitud también acumulan mayor peso biomasa fresco (Figura 15).

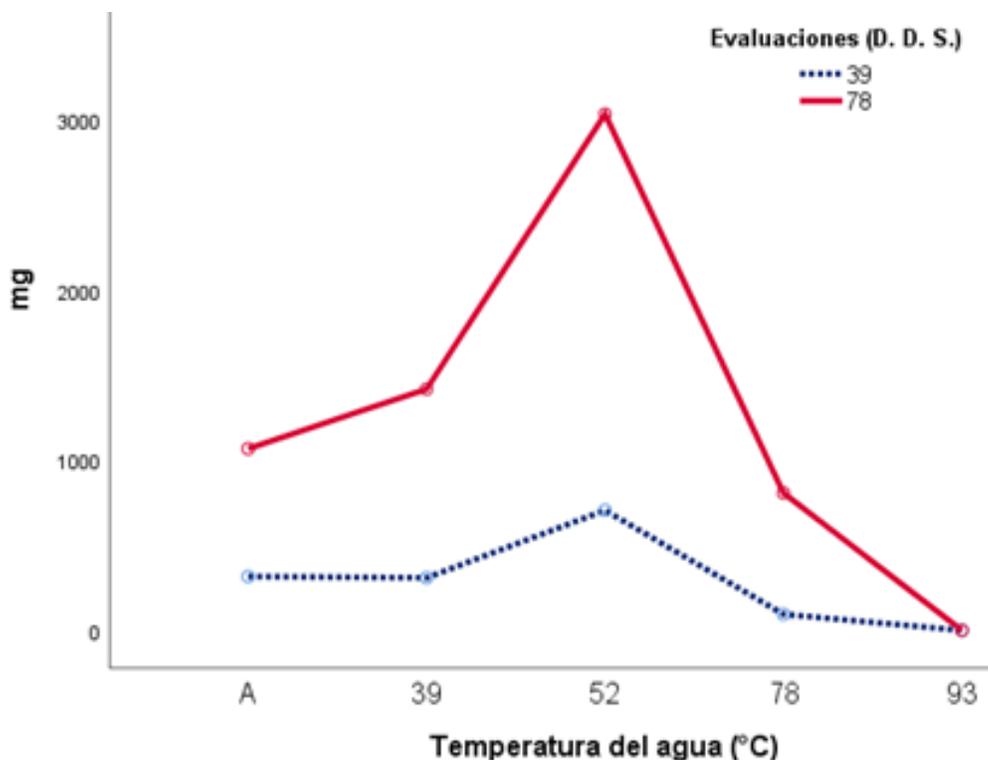


Figura 15. Peso fresco total (mg) de leucaena

6.9 Peso seco follaje (mg)

En el cuadro 15 se observa la variación del peso seco del follaje entre tratamientos, destacando el tratamiento de temperatura del agua a 52 °C con mayor peso ($P < 0.05$), mientras que los tratamientos con agua a temperatura ambiente, agua a 39 y 78 °C fueron similares. Iqbal *et al.* (2007) reportaron peso seco del follaje superiores en plántulas de *Leucaena leucocephala* plantadas en sustratos con lodos de plantas tratadoras de agua, utilizando una proporción de suelo: lodo (1:2) (310-1900 mg de peso seco a 3 meses después de la emergencia). Dichos autores atribuyeron un mayor crecimiento de plantas debido a la alta disponibilidad de materia orgánica y de minerales. Michelsen y Rosendahl (1990) reportaron pesos de follaje seco desde 600 a 1600 mg en plántulas inoculadas con hongos formadores de micorrizas arbusculares y aplicaciones de P, asociado a un mayor aprovechamiento de los nutrientes en el sustrato, así como de agua.

Cuadro 15. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso seco de follaje de plántula de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78	34.20000	34.20000	
A*		91.77500	
39		96.97500	
52			217.20000
Sig.	.609		1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

Como se aprecia a continuación (Figura 16) las curvas de acumulación de materia seca son similares porque la temperatura incide en la fisiología de las plántulas directamente. La curva en rojo presenta un notorio despegue en los valores para 52°C.

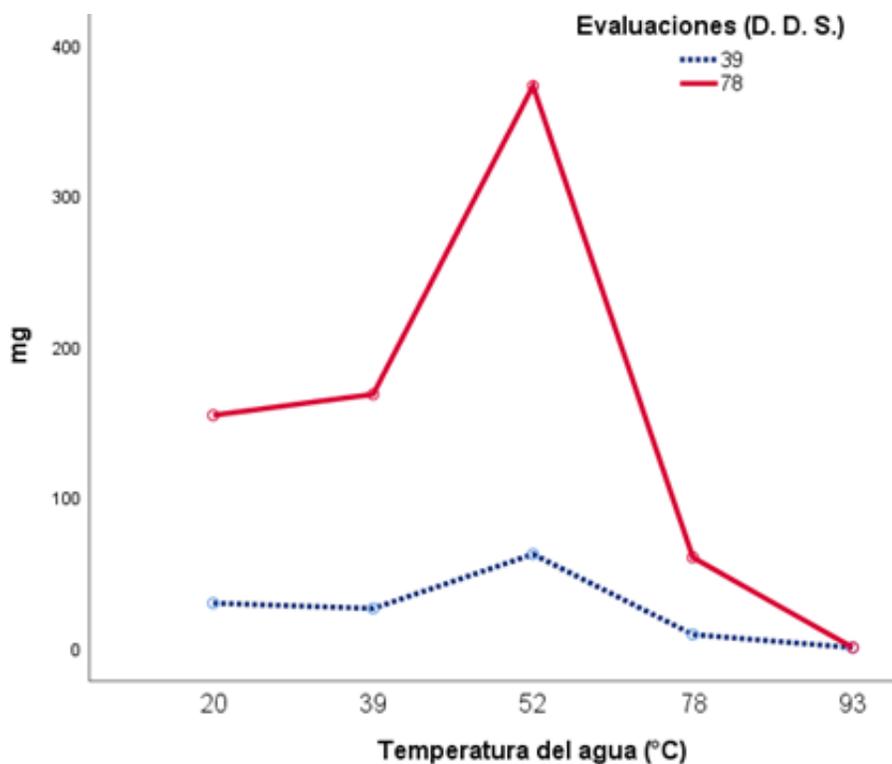


Figura 16. Peso seco de follaje (mg) de leucaena

6.10 Peso seco raíz (mg)

El peso seco de la raíz de las plántulas se observa en el cuadro 16, en donde el mayor promedio se observó en el tratamiento con agua a 52 °C ($P < 0.05$), mientras que el resto de los tratamientos quedaron en grupos estadísticos diferentes. Iqbal *et al.* (2007) reportaron pesos de raíz ligeramente por arriba de los encontrados en este trabajo; en plántulas de tres meses de edad sembradas con diferentes proporciones de lodo de aguas tratadas con suelo reportaron un peso máximo de 290 mg. En otro estudio realizado por Michelsen y Rosendahl (1990) quienes probaron el efecto de hongos formadores de micorrizas arbusculares y aplicación de P sobre el crecimiento de plántulas de *Leucaena leucocephala* observaron crecimiento de hasta 800 mg en plántulas de tres meses de edad en plantas inoculadas y con aplicación de P.

Cuadro 16. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso seco de raíz de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
A*	45.17500	45.17500	
39		55.80000	
78		58.07500	
52			115.17500
Sig.	.090	.952	1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

La siguiente figura nos revela, que, una vez pasados los primeros 40 días después de la siembra las plántulas incrementan su tasa metabólica lo cual se refleja en un mayor crecimiento y desarrollo. Con las condiciones imperantes durante el presente experimento, 52°C fue la mejor temperatura para romper la dormancia de semillas de leucaena.

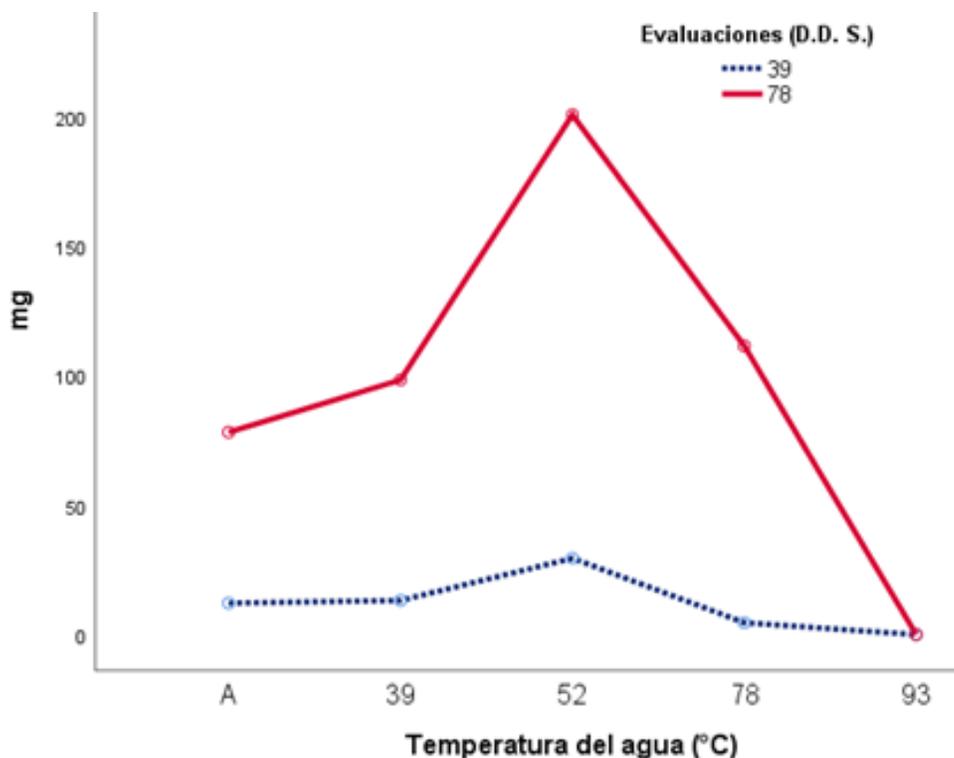


Figura 17. Peso seco de raíz (mg) de leucaena

6.11 Peso seco total (mg)

El peso seco total de las plántulas de leucaena se observa en el cuadro 17, en donde el mayor peso obtenido, fue por el tratamiento con agua a 52°C (331 mg) ($P < 0.05$), en tanto que el resto de los tratamientos fue inferior y quedaron en otro grupo estadístico. Lins *et al.* (2006) reportaron pesos similares de plántulas de 90 días de edad, aunque también reportaron pesos de 7500 mg en plantas de la misma edad, pero inoculadas con esporas de *Glomus etunicatum*. Mientras que, de Araujo *et al.* (2006) reportaron pesos superiores a 10980 mg en plantas de 90 días después de la emergencia. En este trabajo los pesos máximos alcanzados a los 78 días fueron de casi 600 mg. Esto puede estar asociado a la baja disponibilidad de nutrientes en el sustrato y a las temperaturas ambientales bajas, así como a la mayor altitud sobre el nivel del mar en donde normalmente están distribuidas las leucaenas.

Cuadro 17. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para peso seco total de plántula de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78	92.27500	92.27500	
A*		136.45000	
39		152.80000	
52			331.27500
Sig.		.521	1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

La siguiente figura destaca de nueva cuenta el osmoacondicionamiento con agua a 52°C sobre el resto de los tratamientos, dicho tratamiento con agua caliente promovió, tanto el porcentaje de emergencia, como el mayor vigor de las plántulas.

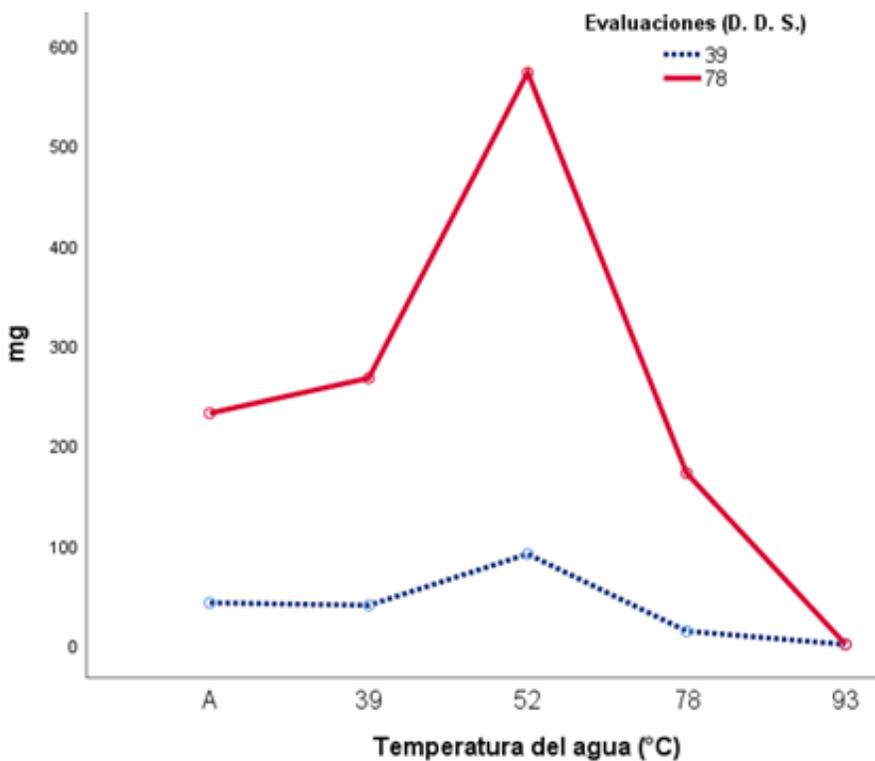


Figura 18. Peso seco total (mg) de leucaena

6.12 Índices de calidad morfológica de plántula

6.12.1 Índice de esbeltez

El índice de esbeltez hace referencia a la relación entre la altura de la plántula y el diámetro del tallo de la plántula. En este caso los índices más bajos se obtuvieron de los tratamientos con agua a temperatura ambiente, agua a 39 y 78 °C los cuales fueron similares. Mientras que el tratamiento con agua a 52 °C fue de 43.49 indica la formación de una arquitectura bien distribuida y vigorosa (Cuadro 18).

Cuadro 18. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para índice de esbeltez de plántulas de leucaena

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	0.000		
78		11.124	
A*		18.998	
39		19.457	
52			43.496
Sig.	1.000	.202	1.0

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

En la figura siguiente, se puede apreciar que predominan las plántulas del tratamiento 52°C por su mayor conformación arquitectónica y de ganancia de peso, este tratamiento puede aplicarse para romper latencia de semillas de leucaena sin provocar detrimento en la bioquímica y metabolismo de la especie. Cabe mencionar que este índice permite indirectamente seleccionar plantas con mayor garantía de supervivencia y de crecimiento en sitios secos (Reyes *et al.*, 2014).

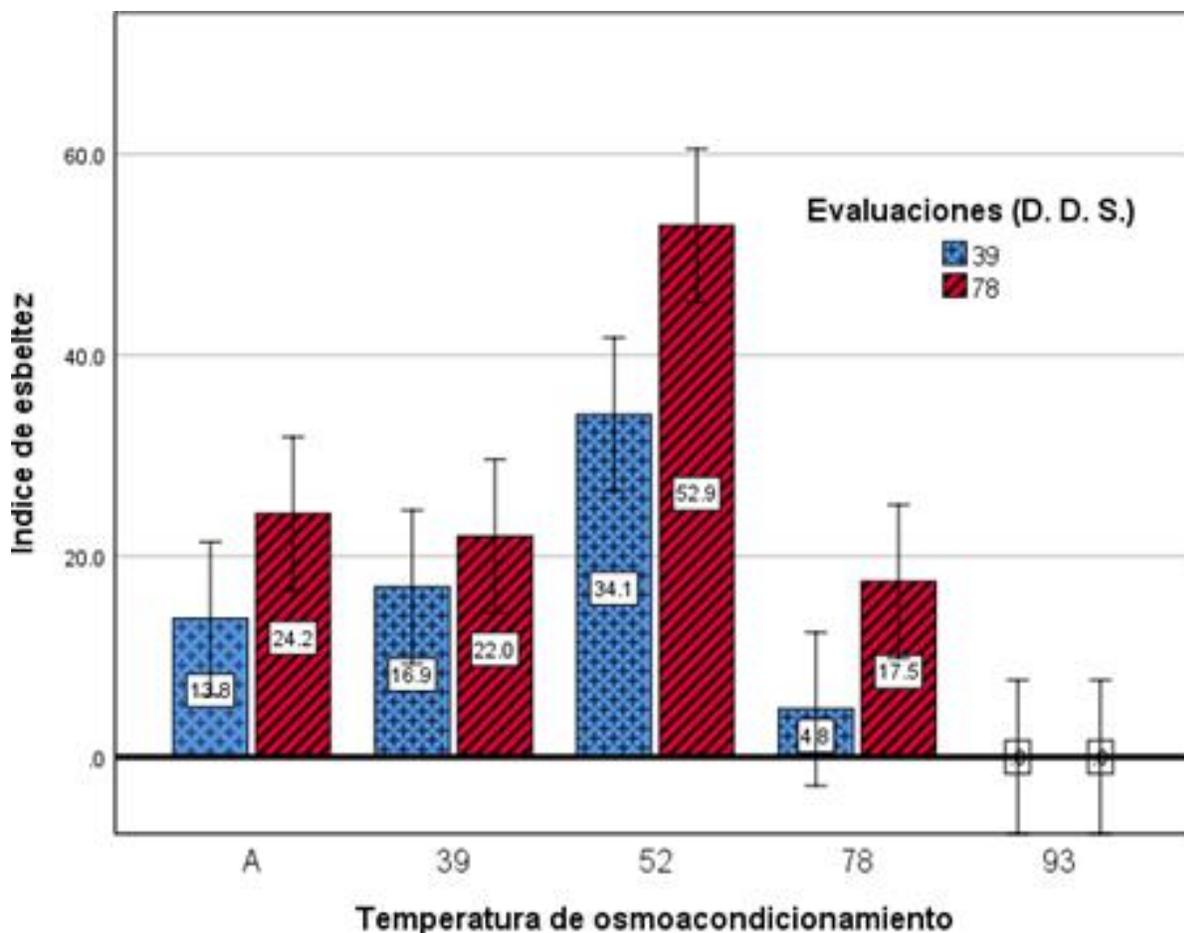


Figura 19. Índice de esbeltez para plántulas de leucaena

A= Temperatura ambiente (20°C)

6.12.2 Índice de calidad de planta de Dickson

El índice de calidad de Dickson, es el mejor parámetro para indicar la calidad de planta, debido a que expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, lo que evita seleccionar plantas desproporcionadas y descartar ejemplares de menor altura, pero con mayor vigor (Reyes *et al.*, 2014; Villalón, 2016). Las plántulas provenientes del tratamiento con agua durante media hora a 52°C tuvieron el mejor índice de calidad de Dickson (Cuadro 19).

Cuadro 19. Prueba de Tukey entre evaluaciones ($P \leq 0.05$) para índice de calidad de planta de Dickson

Temperatura del agua	Subconjunto		
	A	B	C
93	.00000		
78	.00187	.00187	
A*		.00301	
39		.00388	
52			.00670
Sig.	.149	.098	1.000

Cuadrado medio del error = 2466.7

*A= Temperatura ambiente (20°C)

En este estudio 0.006, fue el mejor índice y lo presentó el tratamiento con agua a 52 °C (Figura 20), se corrobora que estas plántulas son las mejores morfológicamente, Ramírez y colaboradores (2021) seleccionaron plántulas en vivero con el índice de Dickson, estas plántulas provienen de progenies selectas considerando diámetro al pie mayor de 20 cm, altura a la copa entre 2 y 3 m, deseablemente revisan también que haya bifurcación del tallo a 1 m.

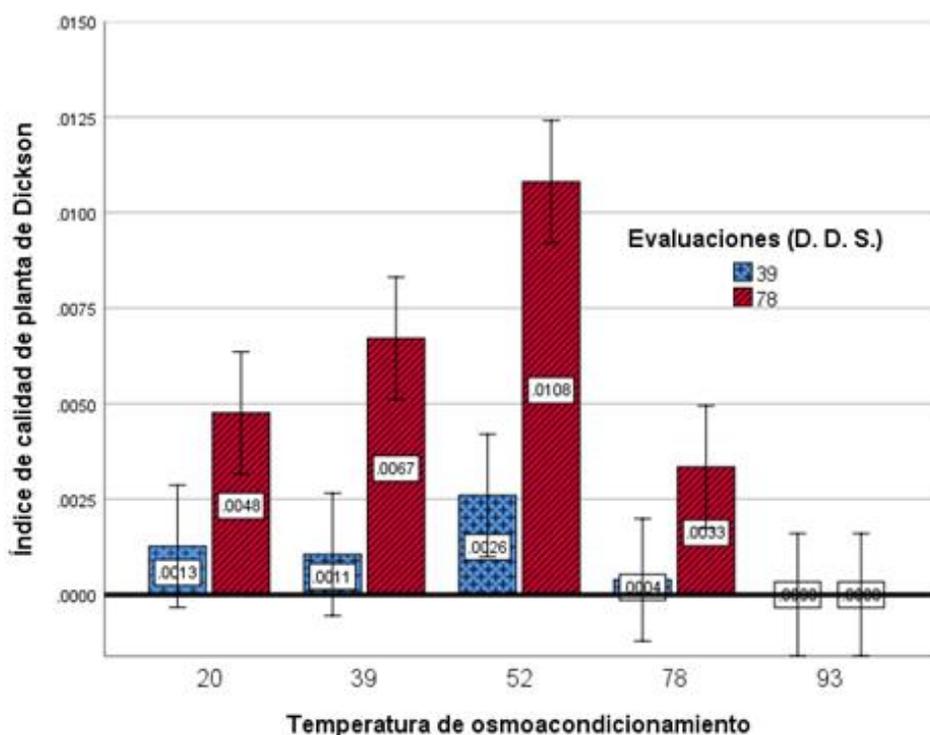


Figura 20. Índice de calidad de planta de Dickson

A= Temperatura ambiente (20°C)

VII. CONCLUSIÓN

Para las condiciones predominantes en el presente experimento, osmoacondicionar durante 30 minutos en agua a 52°C rompió la dormancia de las semillas y se produjeron plántulas de calidad morfológica sobresalientes.

La técnica es sencilla, aplicable y de bajo impacto al ecosistema. En viverismo de leucaenas se sugiere afinar el procedimiento, explorando en 42, 52 y 62°C combinado con tres lapsos de tiempo: 10, 15 y 20 minutos.

VIII. REFERENCIAS

- Baltazar, S. (1991). *Resistencia a las bajas temperaturas de las plantas de Leucaena Sp. Bajo condiciones de Laboratorio*. Tesis profesional, Universidad autónoma agraria Antonio narro, buena vista saltillo Coahuila, mexico. 82 p.
- Benge, M. 1981. Leucaena: Part 1-an excellent feed for livestock. *Livestock International*, (1), pp:4-6.
- Behera, M. C., Lachungpa, O., & Mohanty, T. L. 2020. *Impact of fly ash on germination and initial seedling growth of Leucaena leucocephala (Lam.) De Wit*. Indian Journal of Ecology, 47(1), pp: 117-122.
- Bray, R. 1984. *Evaluating hybrids between Leucaena leucocephala and L. pulverulenta as potential foraje plants*. Australian Journal of experimenta Agriculture and Animal Husbandry, 24(126), pp: 379-385.
- Brewbaker, J. 1983. *Systemics, self Incompatibility, Breeding, Systems, and Genetics Impromovent species*. En *Leucaena Research in the Asian-Pacific*. Región: Proceeding of a Workshop help, in the Singapore, pp: 23-26.
- Brewbaker, J. 1987. *Leucaena; a multipurpose tree genus for tropical agroforestry*. En H. Stepler, & P. Nair, *Agroforesteria: A decade of Development*, ICRAF. Naibori, Kenya pp:289-323.
- Brewbaker, J. 1987. *Species in the genus Leucaena. Proceeding of a workshop on biological and genetic. Control strategies for the Leucaena psyllid*. *Leucaena research*, pp: 256-267.
- Brewbaker, J., & Soresson, J. 1990. *Nuevas cosechas del árbol de Leucaena*, pp: 283-289.
- Campos, S. 1992. *Sobrevivencia y producción de leña de dieciséis genotipo de Leucaena spp. En la región de parras Coahuila [Tesis profesional]*. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", pp: 5-65.
- de Araújo, A. S. F., Carvalho, A. J. S., de Seixas Santos, F. J., Carvalho, E. M. S., & dos Santos, V. B. 2006. *Growth and nodulation of Leucaena and Prosopis seedlings in soil plus tannery sludge*. *Revista Caatinga*, 19(1), pp:20-24.
- Eguiarte, V., & Rodríguez, J. 1985. *Producción de forrajes. Memorias del tercer día del ganadero del CEP. "Clavelinas"*. INIP; SARH; UGRT; Gobierno del Estado de Jalisco, pp; 69
- Eguiarte, V., Betancourt, J., & Herrera, I. 1986. *Potencial Forrajero de la Leucaena Leucaena leucocephala) en el trópico seco*. Centro de Investigaciones Pecuarias del Estado de Jalisco Campo Experimental "Gilberto Flores Muñoz", pp: 21.

- Eguiarte, V.;Tejeida, B.; Jimenez, R.; Betancour, R. 1984. *Conozca y Aproveche la Leucaena para alimentar a sus Vacas. Boletín Técnico INIF-SARH. "Clavelinas" INIP; SARH; UGRT; Gobierno del Estado de Jalisco, pp:25*
- Felker, P. 1991. *Mechanized forage production of Leucaena leucocephala and L pulverulenta. Tropical Grasslands, (25) pp: 342-348.*
- FIRA. 1980. *Leucaena. Leguminosa tropical mexicana, usos y potencial. Campo experimental. Ajuchitan, Guerrero, pp: 65*
- Flores, M. 1983. *Bromatología animal. (Ed.) Limusa, México, D.F. pp: 583-587*
- Foroughbakhch, P., & Haud, A. 1989. *Potencial forrajero de tres especies de Leucaena en el norte de México: Respuesta a diferentes espaciamientos: Reporte científico No.12. Universidad autónoma de Nuevo León, Linares Nuevo León, Mexico, pp: 31.*
- Glumac, 1991. *Producción del forraje de Leucaena leucocephala y Leucaena pulverulenta en la región semiárida de Texas, pp:342-348.*
- Greenstein, M. 1991. *Production mechanized of Leucaena leucocephala and Leucaena pulverulenta in a region semicorchea of Texas. Texas A & M University. Tropical Grassland, pp: 40-46.*
- Huang, R., Smith, W., & Yost, R. 1985. *Influencie of vesicular arbuscular mycorrhiza on growth water relations, and leaf orientation in Leucaena leucocephala(LAM). De wit, New Phytol, pp:229-243.*
- Hughes, C. 1991. *Leucaena improvement through use of lesser known species, Leucaena research reports 12, pp: 98-100.*
- Hutton, E. M. 1981. *Leucaena leguminosa arbórea promisoras para la América del Sur. Pastos tropicales. Boletín inf. CIAT No. 5. Cali, Colombia.*
- Iqbal, G. M. A., Huda, S. M. S., Sujauddin, M., & Hossain, M. K. 2007. *Effects of sludge on germination and initial growth performance of Leucaena leucocephala seedlings in the nursery. Journal of Forestry Research, 18(3), pp: 226–230.*
- INIFAP. 1986. *Actualización sobre producción de Forrajes en la Costa del Pacífico. Campo Experimental Pecuaria "El Macho" Tecuala, Nayarit, México, pp: 37-40.*
- INIP. 1985. *Evaluación de diferentes métodos de escarificación en semillas de Leucaena leucocephala en condiciones de Trópico semi-seco. Técnica Pecuaria en México, pp: 24–28.*

- International Seed Testing Association [ISTA]. (2007). *International rules for seed testing edition 2007*, pp: 48-51.
- Jones, R. M. 1984. *Yield and persistence of the shrub legumes codaiocalyx gyroides and Leucaena leucocephala on the coastal lowlands of South - Eastern. Queensland*. No. 38. CSIRO. Division of Tropical Crops and pastures, Tropical Agronomy Technical Memorandum, pp: 9.
- Lins, C. E. L., Cavalcante, U. M. T., Sampaio, E. V., Messias, A. S., & Maia, L. C. 2006. *Growth of mycorrhized seedlings of Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit. in a copper contaminated soil*. Applied Soil Ecology, 31(3), pp:181-185.
- Michelsen, A., & Rosendahl, S. 1990. *The effect of VA mycorrhizal fungi, phosphorus and drought stress on the growth of Acacia nilotica and Leucaena leucocephala seedlings*. Plant and Soil, 124(1), pp: 7-13.
- Miller, S. A., Ivey, M. L., & Ohio State University Extension Fact Sheet. 2005. Hot water and chlorine treatment of vegetable seeds *to eradicate bacterial plant pathogens*. Extension Fact Sheet HYG, 3085, pp: 25.
- National Academy of Sciences [N.A.S.]. 1977. *Leucaena: Promising forage and Tree Crop for the Tropics*. Washington, D. C, pp: 115.
- Oakes, A. 1986. *Leucaena leucocephala: Description, culture. Utilization*. Audug. Front. Pl. Sci. . New Delhi, India, pp: 114.
- Obiazi, C. C. 2015. *Hot Water Enhanced Germination of Leucaena leucocephala Seeds in Light and Dark Conditions*. Current Research in Agricultural Sciences, 2(2), pp: 67-72.
- Pancracio, V. 1982. *Research on Leucaena Wood of the forest. Products Research and Development Institute (FPRD) Philippines*. En *Leucaena Research in the Asian-Pacific. Región: Proceeding of a Workshop Held in the Signature*, pp:23-26.
- Pennington, T., & Sarukhan, J. 1968. *Manual para la identificación de Campo de los Principales Árboles Tropicales de México*. Secretaría de Agricultura y Ganadería, México, D. F. pp: 413.
- Pérez, G. 1979. *Lecuaena, Leguminosa Tropical Mexicana. Uso Potencial* [Tesis Profesional]. Universidad Autónoma Chapingo, México. Pp: 98.
- Reyes, J. T. S., Flores, H. J. M., Pérez, C. M. A., Sánchez, A. R., & Ramos, J. H. (2014). *Calidad de planta de tres especies de pino en el vivero "Morelia", estado de Michoacán*. Revista Mexicana de Ciencias Forestales, 5(26), pp: 98-111.

- Robles, A. G., 1990. *Leucaena: Arbol de Uso Multiple (Estudio de Caso en el Oriente del Estado de Morelos)* [Tesis Profesional]. Universidad Autónoma Chapingo. México. Pp: 89.
- Rodríguez, D., & Eguiarte, V. 1983. *Evaluación de diferentes métodos prácticos de escarificación en semillas de Leucaena leucocephala lam de Wit- en condiciones del trópico semiseco*. Memorias reunión Inv. Pec. Mex SARH-UNAM, pp: 849-851.
- Rodríguez, T. D. A. 2008. *Indicadores de calidad de planta forestal*. México: Universidad Autónoma Chapingo.
- Rodríguez-Ortiz, G., José-Hernández, Y., Enríquez-del Valle, J., & Campos-Angeles, G. (2021). *Calidad de plántula de árboles seleccionados de Leucaena esculenta en sistema agroforestal*. CIENCIA ergo-sum, 28(1). Pp: 719-732.
- Sabino, H. 2000. *Leucaena leucocephala árbol de usos múltiples en el trópico [Trabajo de grado]*. Universidad Autónoma Agraria. <http://repositorio.uaaan.mx>
- Sánchez, C., & Eguiarte, Q. 1985. *Comparación de Cuatro alturas de Corte en la Producción de Forraje de Leucaena en el Trópico seco*. Memorias de la Reunión de Investigación Pecuaria. INIP-SARH-UNAM. pp:147.
- Sánchez-Gómez, A., Rosendo-Ponce, A., Manuel Vargas-Romero, J., Rosales-Martínez, F., Esteban Platas-Rosado, D., & Becerril-Pérez, C. M. 2018. *Energía germinativa en guaje (Leucaena leucocephala cv. Cunningham) con diferentes métodos de escarificación de la semilla*. Agro-Ciencia, 52(6), pp: 863–874.
- SARH. (1992). *Guía para cultivar la Leucaena como recurso forrajero en la planicie costera de Nayarit*. Campo Experimental el Macho, Tecuala Nayarit, pp: 25.
- Sosa-Montes, E., Mendoza-Pedroza, S., Álvarez-Vázquez, P., Domínguez-Martínez, P., Barcena-Gama, R., & Salazar-González, J. 2020. *Chemical Composition and Digestibility of Six Species of Fodder (Fabaceae)*. Agro Productividad, 13(12). <https://doi.org/10.32854/agrop.v13i12.1889> (Original work published 4 de enero de 2021).
- Tadros, M. J., Samarah, N. H., & Alqudah, A. M. (2011). *Effect of different pre-sowing seed treatments on the germination of Leucaena leucocephala (Lam.) and Acacia farnesiana (L.)*. New Forests, 42(3), pp:397–407.
- Tadros, M. J., Al-Mefleh, N., & Mohawesh, O. 2012. *Effect of irrigation water qualities on Leucaena leucocephala germination and early growth stage*. International Journal of Environmental Science and Technology, 9(2), pp: 281-286.

- Tadros, M. J., & Al-Mefleh, N. K. 2011. *Preliminary evaluation of different water qualities on Leucaena leucocephala seed germination and seedling growth*. International Journal of Environmental and Ecological Engineering, 5(4), pp:238-241.
- Thi Hong, N. 1997. *Efecto de Sesbania grandiflora, Leucaena leucocephala, Hisbis rosa sinensis y Ceiba pentadra en la ingestión y digestión de cabras en Crecimiento*. Livestock Research for Rural Development, 10(3). <https://www.lrrd.cipav.org.co/lrrd10/3/nhan1.htm>
- Viator, F. 1983. *Leucaena for erosión (Control and Green Manure in sikka)*. En *Leucaena Research in the Asian – Pacific. Región: Proceeding of a workshup Held in Singapur Ottawa*. Pp: 192.
- Villalón-Mendoza, H. 2016. *Indicadores de calidad de la planta de Quercus canby Trel.(encino) en vivero forestal*. Revista Latinoamericana de Recursos Naturales, 12(1), pp: 46-52.
- Vines, A. 1974. *Trees, Shrubs and Woody Vines of the Southwest*. University of Texas, pp: 503–506.

IX. ANEXOS

GET

FILE='C:\Users\refug\OneDrive\Documentos\Ainvestigacion\tesistas\EMMANUEL VEGA
Leucaena IAZ\factorial 39 78ceROSDBCALeucaena.sav'.

DATASET NAME ConjuntoDatos1 WINDOW=FRONT.

UNIANOVA Diasaemergenciaplanta1 BY Tempdelagua dds

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)

/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=CI

MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO

/EMMEANS=TABLES(OVERALL)

/EMMEANS=TABLES(Tempdelagua*dds)

/EMMEANS=TABLES(Tempdelagua) COMPARE ADJ(LSD)

/EMMEANS=TABLES(dds) COMPARE ADJ(LSD)

/PRINT DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Diasaemergenciaplanta1

Temperaturadelagua	EvaluacionesenDDS	Media	Desv. Desviación	N
20	39	4.90000	6.077569	20
	78	8.90000	10.622221	20
	Total	6.90000	8.778762	40
39	39	6.65000	8.260719	20
	78	9.15000	9.702279	20
	Total	7.90000	8.983746	40
52	39	9.65000	.812728	20
	78	9.55000	.759155	20
	Total	9.60000	.777900	40

78	39	1.80000	4.431941	20
	78	5.35000	7.734237	20
	Total	3.57500	6.476338	40
93	39	.00000	.000000	20
	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	4.60000	5.996632	100
	78	6.59000	8.035395	100
	Total	5.59500	7.141849	200

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Diasaemergenciaplanta1

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2686.245 ^a	9	298.472	7.598	.000
Intersección	6260.805	1	6260.805	159.373	.000
Tempdelagua	2337.620	4	584.405	14.876	.000
dds	198.005	1	198.005	5.040	.026
Tempdelagua * dds	150.620	4	37.655	.959	.432
Error	7463.950	190	39.284		
Total	16411.000	200			
Total corregido	10150.195	199			

a. R al cuadrado = .265 (R al cuadrado ajustada = .230)

Subconjuntos homogéneos

Diasaemergenciaplanta1

HSD Tukey^{a,b}

Temperaturadelagua	N	Subconjunto		
		1	2	3
93	40	.00000		
78	40	3.57500	3.57500	
20	40		6.90000	6.90000
39	40			7.90000
52	40			9.60000
Sig.		.084	.127	.307

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 39.284.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.

UNIANOVA Alturadeplantulamm BY Tempdelagua dds

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)

/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=CI

MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO

/PRINT DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Alturadeplantulamm

Temperaturadelagua	EvaluacionesenDDS	Media	Desv. Desviación	N
20	39	33.25000	39.309668	20
	78	68.05000	77.639162	20
	Total	50.65000	63.245371	40
39	39	30.45000	34.213686	20
	78	92.50000	80.805484	20
	Total	61.47500	68.837224	40
52	39	75.20000	10.526158	20
	78	180.85000	27.201538	20
	Total	128.02500	57.240602	40
78	39	9.15000	22.462308	20
	78	61.50000	89.658710	20
	Total	35.32500	69.748040	40
93	39	.00000	.000000	20

	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	29.61000	36.382895	100
	78	80.58000	87.015055	100
	Total	55.09500	71.260552	200

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Alturadeplantulamm

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	541859.245 ^a	9	60206.583	24.408	.000
Intersección	607091.805	1	607091.805	246.113	.000
Tempdelagua	352222.370	4	88055.592	35.698	.000
dds	129897.045	1	129897.045	52.660	.000
Tempdelagua * dds	59739.830	4	14934.958	6.055	.000
Error	468675.950	190	2466.716		
Total	1617627.000	200			
Total corregido	1010535.195	199			

a. R al cuadrado = .536 (R al cuadrado ajustada = .514)

Subconjuntos homogéneos

Alturadeplantulamm

HSD Tukey^{a,b}

Temperaturadelagua	N	Subconjunto		
		1	2	3
93	40	.00000		
78	40		35.32500	
20	40		50.65000	
39	40		61.47500	
52	40			128.02500
Sig.		1.000	.133	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 2466.716.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.

UNIANOVA Longitudderazmm BY Tempdelagua dds

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)

/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=CI
MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO

/PRINT DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Longitudderazmm

Temperaturadelagua	EvaluacionesenDDS	Media	Desv. Desviación	N
20	39	48.05000	62.915545	20
	78	167.85000	210.777327	20
	Total	107.95000	165.083033	40
39	39	69.40000	77.345023	20
	78	120.85000	108.039113	20
	Total	95.12500	96.331476	40
52	39	125.90000	60.352386	20
	78	332.35000	147.192775	20
	Total	229.12500	152.506442	40
78	39	19.05000	46.783347	20
	78	107.95000	156.241202	20
	Total	63.50000	122.415015	40
93	39	.00000	.000000	20
	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	52.48000	70.426189	100
	78	145.80000	177.335840	100
	Total	99.14000	142.479974	200

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Longitudderazmm

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	1798790.980 ^a	9	199865.664	16.945	.000
Intersección	1965747.920	1	1965747.920	166.662	.000
Tempdelagua	1123551.430	4	280887.857	23.814	.000
dds	435431.120	1	435431.120	36.917	.000
Tempdelagua * dds	239808.430	4	59952.107	5.083	.001
Error	2241017.100	190	11794.827		
Total	6005556.000	200			
Total corregido	4039808.080	199			

a. R al cuadrado = .445 (R al cuadrado ajustada = .419)

Subconjuntos homogéneos

Longitudderazmm

HSD Tukey^{a,b}

Temperaturadelagua	N	1	2	3
93	40	.00000		
78	40	63.50000	63.50000	
39	40		95.12500	
20	40		107.95000	
52	40			229.12500
Sig.		.072	.359	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 11794.827.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.

UNIANOVA Alturatotalmm BY Tempdelagua dds

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

```

/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)
/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=NO
MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
/PRINT DESCRIPTIVE
/CRITERIA=ALPHA(.05)
/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

```

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Alturatotalmm

Temperaturadelagua	EvaluacionesenDDS	Media	Desv. Desviación	N
20	39	81.30000	99.394006	20
	78	234.90000	279.852198	20
	Total	158.10000	221.397751	40
39	39	99.85000	109.832540	20
	78	213.30000	184.853883	20
	Total	156.57500	160.700213	40
52	39	201.10000	62.722362	20
	78	513.20000	165.223166	20
	Total	357.15000	200.479368	40
78	39	28.20000	68.942844	20
	78	169.45000	243.511693	20
	Total	98.82500	190.578456	40
93	39	.00000	.000000	20
	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	82.09000	103.689912	100
	78	226.17000	256.679931	100
	Total	154.13000	208.185927	200

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Alturatotalmm

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	4260360.720 ^a	9	473373.413	20.607	.000

Intersección	4751211.380	1	4751211.380	206.831	.000
Tempdelagua	2722142.370	4	680535.592	29.625	.000
dds	1037952.320	1	1037952.320	45.184	.000
Tempdelagua * dds	500266.030	4	125066.507	5.444	.000
Error	4364573.900	190	22971.442		
Total	13376146.000	200			
Total corregido	8624934.620	199			

a. R al cuadrado = .494 (R al cuadrado ajustada = .470)

Subconjuntos homogéneos

		Alturatommm		
HSD Tukey ^{a,b}		Subconjunto		
Temperaturadelagua	N	1	2	3
93	40	.00000		
78	40		98.82500	
39	40		156.57500	
20	40		158.10000	
52	40			357.15000
Sig.		1.000	.407	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 22971.442.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.

UNIANOVA Pesofrescofollajemg BY Tempdelagua dds

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)

/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=NO

MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO

/PRINT DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Pesofrescofollajemg

Temperaturadelagua	EvaluacionesenDDS	Media	Desv. Desviación	N
20	39	171.15000	205.175220	20
	78	667.40000	846.372781	20
	Total	419.27500	657.755936	40
39	39	166.10000	186.625124	20
	78	775.55000	787.879531	20
	Total	470.82500	643.913750	40
52	39	389.50000	81.754768	20
	78	1596.65000	493.053245	20
	Total	993.07500	703.799811	40
78	39	52.60000	130.336972	20
	78	487.70000	742.810885	20
	Total	270.15000	570.637949	40
93	39	.00000	.000000	20
	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	155.87000	193.557219	100
	78	705.46000	825.238997	100
	Total	430.66500	658.276853	200

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Pesofrescofollajemg

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	43813563.905 ^a	9	4868173.767	21.805	.000
Intersección	37094468.445	1	37094468.445	166.152	.000
Tempdelagua	21171398.930	4	5292849.732	23.707	.000
dds	15102458.405	1	15102458.405	67.646	.000
Tempdelagua * dds	7539706.570	4	1884926.642	8.443	.000

Error	42418790.650	190	223256.793		
Total	123326823.000	200			
Total corregido	86232354.555	199			

a. R al cuadrado = .508 (R al cuadrado ajustada = .485)

Subconjuntos homogéneos

		Pesofrescofollajemg		
HSD Tukey ^{a,b}		Subconjunto		
Temperaturadelagua	N	1	2	3
93	40	.00000		
78	40	270.15000	270.15000	
20	40		419.27500	
39	40		470.82500	
52	40			993.07500
Sig.		.083	.321	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 223256.793.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.

UNIANOVA Pesofrescoraizmg BY Tempdelagua dds

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)

/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=NO

MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO

/PRINT DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Pesofrescoraizmg

Temperaturadelagua	EvaluacionesenDDS	Media	Desv. Desviación	N
20	39	145.50000	180.263404	20
	78	402.15000	569.451839	20
	Total	273.82500	436.692927	40
39	39	143.15000	198.089101	20
	78	643.40000	694.155102	20
	Total	393.27500	563.942668	40
52	39	318.50000	140.032891	20
	78	1439.65000	515.555120	20
	Total	879.07500	679.224535	40
78	39	42.05000	115.876284	20
	78	320.10000	504.977113	20
	Total	181.07500	388.067955	40
93	39	.00000	.000000	20
	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	129.84000	179.849922	100
	78	561.06000	701.712491	100
	Total	345.45000	554.775655	200

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Pesofrescoraizmg

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	34045198.300 ^a	9	3782799.811	26.422	.000
Intersección	23867140.500	1	23867140.500	166.705	.000
Tempdelagua	17541114.200	4	4385278.550	30.630	.000
dds	9297534.420	1	9297534.420	64.941	.000
Tempdelagua * dds	7206549.680	4	1801637.420	12.584	.000
Error	27202231.200	190	143169.638		
Total	85114570.000	200			
Total corregido	61247429.500	199			

a. R al cuadrado = .556 (R al cuadrado ajustada = .535)

Subconjuntos homogéneos

Pesofrescoraizmg				
HSD Tukey ^{a,b}				
Temperaturadelagua	N	1	Subconjunto	
			2	3
93	40	.00000		
78	40	181.07500	181.07500	
20	40		273.82500	
39	40		393.27500	
52	40			879.07500
Sig.		.208	.093	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 143169.638.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.

UNIANOVA Pesofrescototalmg BY Tempdelagua dds

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)

/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=NO

MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO

/PRINT DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Pesofrescototalmg

a	Temperaturadelagu S	EvaluacionesenDD		N
		Media	Desv. Desviación	
20	39	316.65000	384.550219	20
	78	1068.5000 0	1398.08709 5	20
	Total	692.57500	1081.31906 4	40
39	39	309.25000	374.284423	20
	78	1418.9000 0	1469.19429 8	20
	Total	864.07500	1198.15054 9	40
52	39	706.20000	206.305241	20
	78	3035.8000 0	908.803586	20
	Total	1871.0000 0	1347.09175 8	40
78	39	94.65000	242.894015	20
	78	807.80000	1224.30661 8	20
	Total	451.22500	943.077191	40
93	39	.00000	.000000	20
	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	285.35000	366.944093	10 0
	78	1266.2000 0	1499.05076 4	10 0
	Total	775.77500	1194.42097 3	20 0

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Pesofrescototalmg

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	154178065.625 ^a	9	17130896.181	25.091	.000
Intersección	120365370.125	1	120365370.125	176.293	.000
Tempdelagua	76855859.350	4	19213964.838	28.142	.000
dds	48103336.125	1	48103336.125	70.455	.000
Tempdelagua * dds	29218870.150	4	7304717.537	10.699	.000
Error	129723585.250	190	682755.712		
Total	404267021.000	200			

Total corregido	283901650.875	199			
-----------------	---------------	-----	--	--	--

a. R al cuadrado = .543 (R al cuadrado ajustada = .521)

Subconjuntos homogéneos

HSD Tukey ^{a,b}		Pesofrescototalmg		
Temperaturadelagua	N	1	Subconjunto	
			2	3
93	40	.00000		
78	40	451.22500	451.22500	
20	40		692.57500	
39	40		864.07500	
52	40			1871.00000
Sig.		.109	.172	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 682755.712.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.

UNIANOVA Pesosecofollajemg BY Tempdelagua dds

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)

/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=NO

MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO

/PRINT DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Pesosecofollajemg

Temperaturadelagua	EvaluacionesenDDS	Media	Desv. Desviación	N
20	39	29.45000	37.589857	20
	78	154.10000	214.998629	20
	Total	91.77500	164.899890	40
39	39	25.95000	30.933673	20
	78	168.00000	186.321454	20
	Total	96.97500	150.176048	40
52	39	61.95000	11.798640	20
	78	372.45000	143.015448	20
	Total	217.20000	186.421249	40
78	39	8.65000	21.201477	20
	78	59.75000	100.327818	20
	Total	34.20000	76.107279	40
93	39	.00000	.000000	20
	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	25.20000	32.063069	100
	78	150.86000	194.028219	100
	Total	88.03000	152.340959	200

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Pesosecofollajemg

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	2444407.920 ^a	9	271600.880	23.738	.000
Intersección	1549856.180	1	1549856.180	135.456	.000
Tempdelagua	1097035.070	4	274258.767	23.970	.000
dds	789521.780	1	789521.780	69.003	.000
Tempdelagua * dds	557851.070	4	139462.767	12.189	.000
Error	2173937.900	190	11441.778		
Total	6168202.000	200			
Total corregido	4618345.820	199			

a. R al cuadrado = .529 (R al cuadrado ajustada = .507)

Subconjuntos homogéneos

Pesosecofollajemg				
HSD Tukey ^{a,b}				
Temperaturadelagua	N	Subconjunto		
		1	2	3
93	40	.00000		
78	40	34.20000	34.20000	
20	40		91.77500	
39	40		96.97500	
52	40			217.20000
Sig.		.609	.070	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 11441.778.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.

UNIANOVA Pesosecoraízmg BY Tempdelagua dds

/METHOD=SSTYPE(3)

/INTERCEPT=INCLUDE

/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)

/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=NO

MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO

/PRINT DESCRIPTIVE

/CRITERIA=ALPHA(.05)

/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Pesosecoraízmg

Temperaturadelagua	EvaluacionesenDDS	Media	Desv. Desviación	N
20	39	12.15000	14.882964	20
	78	78.20000	117.599946	20
	Total	45.17500	89.241788	40
39	39	13.20000	16.913402	20
	78	98.40000	117.857809	20
	Total	55.80000	93.636559	40
52	39	29.50000	13.445798	20
	78	200.85000	58.509806	20
	Total	115.17500	96.355082	40
78	39	4.60000	11.891616	20
	78	111.55000	179.584748	20
	Total	58.07500	136.797883	40
93	39	.00000	.000000	20
	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	11.89000	16.172614	100
	78	97.80000	127.906453	100
	Total	54.84500	100.615348	200

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Pesosecoraízmg

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	794309.145 ^a	9	88256.572	13.742	.000
Intersección	601594.805	1	601594.805	93.671	.000
Tempdelagua	270101.470	4	67525.368	10.514	.000
dds	369026.405	1	369026.405	57.459	.000
Tempdelagua * dds	155181.270	4	38795.317	6.041	.000
Error	1220257.050	190	6422.406		
Total	2616161.000	200			
Total corregido	2014566.195	199			

a. R al cuadrado = .394 (R al cuadrado ajustada = .366)

Subconjuntos homogéneos

		Pesosecoraízmg		
HSD Tukey ^{a,b}		Subconjunto		
Temperaturadelagua	N	1	2	3
93	40	.00000		
20	40	45.17500	45.17500	
39	40		55.80000	
78	40		58.07500	
52	40			115.17500
Sig.		.090	.952	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática(Error) = 6422.406.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.

```

UNIANOVA Pesosecototalmg BY Tempdelagua dds
/METHOD=SSTYPE(3)
/INTERCEPT=INCLUDE
/POSTHOC=Tempdelagua dds(TUKEY)
/PLOT=PROFILE(Tempdelagua*dds Tempdelagua) TYPE=LINE ERRORBAR=NO
MEANREFERENCE=NO YAXIS=AUTO
/PRINT DESCRIPTIVE
/CRITERIA=ALPHA(.05)
/DESIGN=Tempdelagua dds Tempdelagua*dds.

```

Análisis univariado de varianza

Estadísticos descriptivos

Variable dependiente: Pesosecototalmg

Temperaturadelagua	EvaluacionesenDDS	Media	Desv. Desviación	N
20	39	41.60000	52.250812	20
	78	231.30000	318.789008	20
	Total	136.45000	245.086897	40
39	39	39.15000	46.922416	20

	78	266.45000	293.600243	20
	Total	152.80000	237.308973	40
52	39	90.45000	20.929644	20
	78	572.10000	189.964512	20
	Total	331.27500	277.988838	40
78	39	13.25000	32.855145	20
	78	171.30000	261.475389	20
	Total	92.27500	200.596928	40
93	39	.00000	.000000	20
	78	.00000	.000000	20
	Total	.00000	.000000	40
Total	39	36.89000	47.017275	100
	78	248.23000	301.751113	100
	Total	142.56000	240.041886	200

Pruebas de efectos inter-sujetos

Variable dependiente: Pesosecototalmg

Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	5790478.080 ^a	9	643386.453	21.537	.000
Intersección	4064670.720	1	4064670.720	136.064	.000
Tempdelagua	2344299.030	4	586074.757	19.619	.000
dds	2233229.780	1	2233229.780	74.757	.000
Tempdelagua * dds	1212949.270	4	303237.317	10.151	.000
Error	5675923.200	190	29873.280		
Total	15531072.000	200			
Total corregido	11466401.280	199			

a. R al cuadrado = .505 (R al cuadrado ajustada = .482)

Subconjuntos homogéneos

		Pesosecototalmg		
HSD Tukey ^{a,b}		Subconjunto		
Temperaturadelagua	N	1	2	3

93	40	.00000		
78	40	92.27500	92.27500	
20	40		136.45000	
39	40		152.80000	
52	40			331.27500
Sig.		.123	.521	1.000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Se basa en las medias observadas.

El término de error es la media cuadrática (Error) = 29873.280.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 40.000.

b. Alfa = .05.