

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación en *Leucaena leucocephala*, Sometida a Dos Tipos de
Nutrición a Diferentes Concentraciones

Por:

YAZMIN CABRERA ARELLANO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación en *Leucaena leucocephala*, Sometida a Dos Tipos de
Nutrición a Diferentes Concentraciones

Por:

YAZMIN CABRERA ARELLANO

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Asesor Principal

Dr. Víctor Manuel Zamora Viza

Coasesor

M.C. Blanca Elizabeth Zamora Martínez

Dr. Gabriel Gallegos Mora

Coordinador de División de Agronomía

Coordinación
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2018

AGRADECIMIENTOS

A DIOS.

Primero que nada, quiero agradecer a mi Dios por darme la vida, por brindarme muchas bendiciones, por los padres que me dio, una familia increíble, por los amigos que puso en mi camino, por haberme permitido llegar hasta donde estoy, y la dicha de haber permitido haber terminado esta etapa que será un nuevo comienzo. Por las puertas que un día cerró y me hizo ser más fuerte. Gracias Dios.

A mí Alma Terra Mater.

Le doy gracias a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por darme la oportunidad de estudiar una carrera a nivel Licenciatura, gracias por la instancia durante estos maravillosos cuatro años de mi vida, gracias por brindarme el apoyo de los servicios de internado, transporte y comedor.

A MIS PADRES.

MARGARITO CABRERA MÉNDEZ (+).

Te doy gracias papá por cuidar y velar por mí, por tu amor y cariño. Y aunque hoy no estés presente físicamente, fuiste un excelente padre, por lo que, estoy muy orgullosa de usted. Gracias por darme la oportunidad de salir a estudiar fuera de mi zona de confort, y sobre todo muchas gracias por creer en mí, yo sé que desde allá arriba usted aún me cuida y me sonrío. Te amo PAPÁ.

EUGENIA ARELLANO CHOCA.

A la mujer más fuerte que conozco, a usted que se desveló varias noches, a la que se quitó la comida de la boca para que sus hijos comieran, usted que me cargo durante nueve meses en su vientre, gracias por su apoyo que me brindo en cada momento de mi vida, gracias por confiar en mí, pero sobre todo muchas gracias por todo su amor y comprensión. Te amo MAMI.

A MIS HERMANOS.

Yesenia Cabrera Arellano, a pesar de ser mi hermana eres mi mejor amiga, gracias por impulsarme a seguir adelante, gracias por esos consejos que me brindas. Juan José Cabrera Arellano, Luis David Cabrera Arellano y Guadalupe Cabrera Arellano, gracias por creer en mí, los adoro mucho mis hermanitos, y recuerden que tenemos un gran ángel que desde el cielo nos cuida y nos protege con todo su amor.

A MIS TÍOS Y PRIMOS.

Roberto Arellano Choca, María Elena Arellano Choca, Alfredo Arellano Choca, Rocío Arellano Choca, Leticia Arellano Choca, Margarito Barbosa, Adriana Cabrera Méndez, Asunción Cabrera Méndez, Virginia Palma Rosas, Selene Cabrera Palma, Irene Cabrera Palma, Dulce Cabrera Palma, Eréndira Cabrera Palma, Natali Cabrera Palma, Mayra Barbosa Arellano, Andrés Barbosa Arellano, Margarito Barbosa Arellano y Melani Cortez Arellano.

A MIS AMIGOS

OGLER ROBLERO ROBLERO.

El mi mejor amigo, le quiero agradecer por ser parte de mi vida, por apoyarme en el peor momento de mi vida, por cuidar de mi por impulsarme a seguir a delante, por no dejarme caer, por soportarme en mis peores momentos, el que siempre me escucho y me ofreció su hombro para poder llorar, por su inmenso amor, confianza y cariño que me brindo, pero sobre todo por el haberme acercado más a Dios.

ARACELI ALVA MARTÍNEZ.

Una de mis mejores amigas, estuvo conmigo desde inicios de la universidad, le agradezco que haya estado conmigo en unos de los momentos más difíciles, por su compañía, cariño, amistad, hermandad.

ROSA MARÍA CHAVEZ MENDOZA.

Más que una de mis mejores amigas es mi hermana de corazón, estoy agradecida con Dios por habérmela encontrado, es una excelente persona la quiero y estimo mucho. Gracias hermanita por estar conmigo en mis alegrías y tristezas, siempre te lo voy agradecer mucho, gracias por creer en mí,

MARÍA DEL CARMEN DE LOERA HERNÁNDEZ.

Para la persona con la cual hice mi primera amistad en la Universidad con la cual compartí muchos momentos agradables, quiero agradecerte por formar parte de mi vida, gracias por la confianza que me brindaste, siempre te voy a llevar en mi corazón “Compi”.

Rodrigo Grimaldo Santana, Héctor Alonso Hernández Meza, Karina Pablo Santiago, Lucero Horta Inojosa, Samantha Pliego Tendero, Anayeli Amacende Gonzales, gracias por brindarme su amistad y su apoyo en los momentos más difíciles.

DR. LEOBARDO BAÑUELOS HERRERA.

Estoy muy agradecida con el Doctor por darme la oportunidad de llevar acabo mi trabajo de tesis, gracias por brindarme la confianza y el apoyo para que el trabajo se pudiera realizar.

M.C. BLANCA ELIZABETH ZAMORA MARTÍNEZ.

Por darme su apoyo incondicional durante toda la trayectoria para la elaboración de este contenido, por la confianza que me brindo, Dios la bendiga Maestra.

DR. VICTOR MANUEL ZAMORA VILLA.

A pesar de ser mi coasesor usted fue mi maestro, gracias por los conocimientos que apporto para mi desarrollo profesional, gracias por haber aceptar ser parte de este comité.

Dedicatorias

A Dios

Por todo el amor recibido de mi Dios padre, por cada prueba que ha puesto en mi camino, por cada bendición que he recibido.

A MI FAMILIA.

En especial a mis padres que con todo su amor y esfuerzo me brindaron su apoyo incondicional, a usted mi guerrero, donde quiera que este, con todo mi amor y cariño esto es dedicado para usted, espero que se sienta muy orgulloso de mí, yo lo estoy de usted.

A la UAAAN

Por haberme recibido con las puertas abiertas, por permitir que tuviera la oportunidad de tener una carrera a nivel licenciatura, una de las carreras más hermosas que existen, espero desempeñarla de la mejor manera.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág
Agradecimientos	iii
Dedicatorias	v
Índice de cuadros	viii
Índice de figuras	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Origen.....	4
2.2. Taxonomía.....	4
2.3. Morfología.....	5
2.4. Hábitat.....	5
2.5. Distribución de la especie.....	5
2.6. Variedades.....	6
2.7. Principales usos.....	6
2.8. Fertilización de la especie.....	7
2.9. Época de siembra	7
2.10. Métodos de establecimiento.....	7
2.10.1. Siembra directa.....	8
2.10.2. Trasplante.....	8
2.11. Fertilizantes.....	8
2.12. Tipos de fertilizantes.....	9
2.12.1. Fertilizantes orgánicos.....	9
2.12.2. Fertilizantes inorgánicos.....	10
2.12.3. Biofertilizantes.....	10
2.12.4. Fertilizantes químicos.....	11
2.13. Formas de aplicación de los fertilizantes.....	11
2.13.1 Fertilización radicular o al suelo.....	11
2.13.2 Fertilización foliar.....	12
2.13.3 Fertirrigación.....	12
2.14. Nutrición vegetal.....	13
2.15. Nutrientes.....	13
2.16. Elementos minerales esenciales.....	13
2.17. Macronutrientes.....	15
2.18. Nitrógeno.....	15
2.18.1. Importancia del Nitrógeno en las plantas.....	16
2.18.2. Función del Nitrógeno en las plantas.....	16
2.18.3 Deficiencia del Nitrógeno.....	17
2.19. Micronutrientes.....	18
2.20. Solución nutritiva.....	18
2.21. Balance de nutrimentos.....	19

2.21. Desórdenes nutrimentales.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	21
3.1. Ubicación del trabajo.....	21
3.2. Material vegetativo.....	21
3.3. Establecimiento del cultivo.....	21
3.4. Fertilizantes utilizados y preparación de soluciones madres.....	21
3.5. Tratamientos.....	22
3.6. Diseño experimental.....	22
3.7. Modelo estadístico.....	23
3.8. Variables evaluadas.....	24
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1. Altura de Planta.....	25
4.2. Diámetro de Tallo.....	30
4.3. Número de Hojas.....	32
4.4. Ganancia en Altura.....	34
V. CONCLUSIONES.....	37
Literatura Consultada.....	38
Consulta de Internet	43
APÉNDICE.....	44
Anexo 1. ANVA para la variable altura de planta.....	45
Anexo 2. ANVA para la variable diámetro de tallo.....	45
Anexo 3. ANVA para la variable número de hojas.....	46
Anexo 4. ANVA para la variable ganancia en altura.....	46
Anexo 5. Cuadro de elementos nutritivos en los tipos de soluciones hidropónicas utilizadas.....	47

ÍNDICE DE CUADROS.

Cuadro no.	Pág
Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables: Altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, ganancia en altura.....	25
Cuadro 4.2. Comparación de medias DMS (5%), en las variables evaluadas, para el factor “B” (Concentración de la solución nutritiva)	26
Cuadro 4.3. Comparación de medias DMS (5%), para las variables evaluadas para el factor “A” (Tipo de solución nutritiva)	27
Cuadro 4.4. Porcentaje de sobrevivencia para las diferentes concentraciones de solución y tipo de solución.....	29

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura no.	Pág
Figura 4.1. Efecto de la interacción de las concentraciones y el tipo de solución nutritiva, en la variable altura de planta	27
Figura 4.2. Porcentaje (%) de sobrevivencia de las plantas de acuerdo a las diferentes concentraciones de la solución nutritiva aplicadas, después de las nueve semanas de trasplante...	28
Figura 4.3. Porcentaje (%) de sobrevivencia de las plantas de acuerdo al tipo de nutrición, después de las nueve semanas de trasplante.....	29
Figura 4.4. Efecto de la interacción de las concentraciones y el tipo de solución nutritiva, en la variable diámetro de tallo	31
Figura 4.5. Efecto de la interacción de las concentraciones y el tipo de solución nutritiva, en la variable número de hojas.....	33
Figura 5.6. Efecto de la interacción de las concentraciones y el tipo de solución nutritiva, en la variable ganancia en altura.....	36

RESUMEN

El guaje es uno de los cultivos de origen rústico de México al que no se le ha demostrado cierto interés en someterlo a un manejo adecuado de nutrición. El experimento se realizó con la finalidad de saber cuál sería la respuesta al someterla a diferentes concentraciones de fertilizaciones (0 ppm, 250 ppm, 500 ppm, 1000 ppm, 2000 ppm) de acuerdo a dos tipos de solución nutritiva (vegetativa y reproductiva). Este trabajo se estableció en abril del 2017, en un vivero perteneciente a la empresa de "Viveros de Flores, Follajes y Plantas del Norte S.A. DE C.V.", localizado en Saltillo, Coahuila, México. Los tratamientos se definieron utilizando dos factores; el factor "A" estuvo determinado por el tipo de solución nutritiva, factor A1 solución nutritiva vegetativa, en la que el nitrógeno se encontraba en igual concentración que los cationes (Potasio, Calcio y Magnesio) A2; solución nutritiva reproductiva en donde el nitrógeno se encontraba en concentración al 50 % de los cationes ya mencionados. El factor "B" lo determinó la concentración donde B₁= 0 ppm, B₂= 250 ppm, B₃= 500 ppm, B₄= 1000 ppm, y B₅= 2000 ppm. La combinación de factores arrojó los siguientes tratamientos: T1= A₁, B₁, T2= A₁, B₂, T3= A₁, B₃, T4= A₁, B₄, T5= A₁, B₅, T6= A₂, B₁, T7=A₂, B₂, T8=A₂, B₃, T9= A₂, B₄ y T10= A₂, B₅. Para cada tratamiento se emplearon 10 repeticiones obteniendo un total de 100 unidades experimentales, donde cada unidad experimental estuvo conformada por una planta establecida en un contenedor de 5 x 25 cm, cada unidad de experimental fue regada con 100 cc de solución una vez por semana hasta el término del trabajo. Las variables evaluadas para conocer el comportamiento de la influencia de tipo de solución nutritiva y las concentraciones fueron las siguientes: Altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas y ganancia en altura. Obteniendo los siguientes resultados, para el factor "A", que comprende el tipo de solución nutritiva (vegetativa o reproductiva), se encontró una respuesta favorable en las variables altura de planta y ganancia en altura, para la formulación reproductiva, así mismo, se observó un mayor porcentaje de sobrevivencia. Para el factor "B" que corresponde a la concentración de solución nutritiva, la concentración con mejor comportamiento fue de 250 ppm, por lo que concentraciones altas de fertilizantes, y no hacer uso de ellas provocó plantas de menor calidad.

Palabras claves: *Leucaena leucocephala*, concentración, solución nutritiva.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de plantas en contenedor es una actividad de importancia económica y social en México, está tiene como ventaja desarrollar un mercado que ayude a impulsar la economía de los productores, generando 188 mil empleos directos, 50 mil empleos eventuales, (SAGARPA, 2010).

En la república mexicana la producción de plantas en maceta y flores se producen principalmente en los estados de: Puebla, Morelos, Jalisco, Michoacán, San Luis Potosí, Baja California, Estado de México y Ciudad de México.

Las plantas en maceta se explotan con fines particulares y comerciales, para el primer caso, son aquellas plantas con flores de colores llamativos, por lo que son destinadas a la jardinería, para el fin comercial, son plantas cuyo objetivo principal es la producción de semillas, plántulas, esquejes y árboles.

Para la producción de plantas en macetas se involucran varios factores, que pueden incrementar la producción y calidad de las plantas, como son: Tipo de contenedor, un sustrato adecuado, la solución nutritiva, tipo de riego, la calidad del agua. Todos estos factores son importantes ya que de esto dependerá un buen crecimiento y desarrollo de las plantas, y así mismo, tener éxito en el mercado.

El guaje es una leguminosa que por ser una planta con un alto contenido proteico es una buena alimentación para el ganado, sin embargo, en nuestro país es poco la importancia que se le da, una posible causa sería que ignoran el manejo agronómico que esta planta requiere, por lo que será necesario acudir a personas o técnicos capacitados sobre este manejo, con el objetivo de aprovechar todos los beneficios que este cultivo puede proveer.

En zonas rurales de nuestro país, esta especie prospera de manera natural, sin embargo, es necesario llevar a cabo un buen manejo agronómico, para que su uso que tenga una mayor importancia aprovechable, ya sea para la alimentación animal o consumo humano, a pesar de que las semillas tiernas de esta planta son comestibles para los humanos, son pocas las regiones donde los la consumen debido a que para algunos este tiene un sabor no muy agradable.

Es importante realizar un manejo adecuado de nutrición, para que la planta se desarrolle de manera exitosa y presente una producción con calidad. Se plantea el uso de soluciones nutritivas, como alternativa para obtener plantas con calidad, siempre y cuando esta se aplique en el momento indicado y usando concentraciones adecuadas, debido a que cada etapa fenológica se comporta de manera diferente, el éxito alternativo de usar soluciones nutritivas tiene como finalidad aumentar la calidad de las plantas, presentar mayor resistencia a plagas y enfermedades, incrementar la producción.

1.1. Objetivos.

General.

- Producir plantas de guaje con calidad, mediante el uso de la nutrición de soluciones hidropónicas a diferentes concentraciones.

Específicos.

- Generar conocimiento acerca de un método sencillo para la nutrición de *Leucaena* en maceta, con fácil manejo para los productores.
- Conocer en qué tipo de nutrición (vegetativa o reproductiva) responde mejor las plantas de guaje.
- Determinar la concentración óptima para el tipo de fórmula nutritiva en *Leucaena*.

1.2. Hipótesis.

- La solución hidropónica de Douglas en su tipo vegetativo, permitirá la producción de plantas de guaje con calidad.
- El uso de la solución hidropónica con concentraciones altas permitirá incrementar la calidad en plantas de guaje.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2. 1. Origen.

Leucaena leucocephala es una leguminosa originaria de México, en varias regiones se le conoce como “guaje”, en los principales estados que se encuentra este árbol de manera natural son: Jalisco, Colima, Guerrero, Oaxaca, Chiapas y Yucatán, (Dijkma 1950; Pérez-Guerrero, 1977).

Después de la conquista de México, el guaje se extiende a diversas partes del mundo, iniciando en las islas Filipinas a través de la ruta marítima. Hutton y Gray (1959), señalan que esta leguminosa emigró de Guinea y Fidji, hacia Australia, por lo que ya tiene gran dimensión a nivel mundial, (Oakes y Butcher 1968; Brewbaker, 1976).

2.2. Taxonomía.

Reino: Plantae.

División: Magnoliophyta.

Clase: Magnoliopsida.

Orden: Fabales.

Familia: Fabaceae.

Género: ***Leucaena***.

Especie: ***leucocephala***.

(<http://catalogo.biodiversidad.co/fichas/5365> 05/junio/2017 10:34 am).

2.3. Morfología.

Es un árbol que crece hasta 20 m de altura, pero generalmente es un arbusto de 3 m o menos, (Roig, 1974). De raíces profundas, la cual le permite tener buen anclaje y aprovechar el agua y minerales en periodos de sequía (Yates, 1979). De hojas compuestas las cuales permanecen verdes todo el año, aún en épocas secas, (Humpreys, 1973). Los frutos son vainas aplastadas dehiscentes, de 13 a 20 cm de largo y de 2 a 2.5 cm de ancho, verdes cuando están tiernas y café al momento de madurar; conteniendo entre 15 y 30 semillas por vaina. Semillas de un centímetro de largo, ovoides, aplanadas, verdes cuando están tiernas y café al madurar. Sus flores son cabezuelas, con 100 a 180 flores blancas, de 1.2 a 2.5 cm de diámetro y 4.1 a 5.3 de largo; dialipétalas; cáliz de 2.3 a 3.1 mm, (Geilfus, 1994; Shelton 1996).

2.4. Hábitat.

Leucaena leucocephala es una especie que crece durante todo el año, prospera mejor en zonas con temperaturas que varían entre los (25-35 °C) (Brewbaker *et al.*, 1979). Y con precipitaciones desde 500 m a más de 1,500 m, (Bagdan, 1977; Gutiérrez *et al.*, 1984).

Esta leguminosa se desarrolla en una gran diversidad de suelos, sin embargo, en suelos alcalinos o neutros su crecimiento es mejor y más rápido. Creciendo en terrenos con pendientes pronunciadas y escasa capa arable, (FIRA 1980).

2.5. Distribución de la especie.

Ampliamente distribuido en América tropical y subtropical. En México, se encuentra por el Pacífico (Jalisco, Michoacán y Chiapas), y en la vertiente del Golfo de México, desde Tamaulipas, Veracruz, Tabasco, hasta Quintana Roo, (<http://www.verarboles.com/Guaje/guaje.html> 16/noviembre/17 9:27 am).

2.6. Variedades.

Se conocen alrededor de 100 variedades de *Leucaena*, las cuales se han clasificado globalmente en tres tipos; 1) Tipo Salvadoreña, árboles de floración tardía y altos rendimientos, 2) Tipo Hawaiana, arbustos pequeños de floración temprana y rendimientos bajos de materia seca, y 3) Tipo Peruana, árboles de floración tardía y fuertemente ramificado en la base, (NAS, 1997; Machado *et al.*, 1978).

En cuanto a los tipos y variedades, Gray (1968) describió que existen cuatro grupos pertenecientes a tres tipos bien definidos, cuya caracterización se basó en el hábito de crecimiento, ramificación y el vigor del árbol, a) Tipo común (Hawái), b) Tipo Gigante o Salvador, (El salvador y Guatemala) y c) Tipo Perú.

2.7. Principales usos.

El uso principal de esta leguminosa es forrajero de alta calidad nutricional para el ganado, (Shelton, 1996), también es utilizado como suplemento proteico en dietas para cerdos, (Zakayo *et al.*, 2000).

La madera sirve como postes y entarimado de pisos; puede ser usada para muebles, su leña es preferida internacionalmente, debido a que se quema despacio, con poco humo y produce carbón de calidad, (Brewbaker, 1998).

Es usada como abono verde para mejorar las propiedades físicas, químicas, y biológicas del suelo, (Sharma *et al.*, 2001).

Las semillas tiernas contribuyen a la alimentación de los humanos en algunas regiones, por ejemplo, en países como México y Colombia, (Geilfus, 1994), y con sus semillas se elaboran diversos objetos artesanales, como collares, gargantillas, y entre otros, (Anónimo, 2001).

2.8. Fertilización de la especie.

La utilización del fósforo es importante durante la siembra y producción de esta leguminosa, requiriendo aplicaciones de $120 \text{ kg*Ha}^{-1}\text{*año}^{-1}$ de fósforo. En terrenos de temporal, el fertilizante debe aplicarse cuando las lluvias se han establecido completamente. *Leucaena* no requiere aplicaciones de nitrógeno, sin embargo, en suelos pobres, se deben aplicar cantidades pequeñas de 30 a 60 kg/Ha^{-1} de nitrato de amonio por año.

La fertilización del guaje es un aspecto importante en suelos con problemas de fertilidad. De allí la importancia de inocular las semillas antes de la siembra para que esta tenga una buena germinación. Para las aplicaciones de nitrógeno se recomienda una porción menor a los 25 kg/Ha^{-1} , esto dependerá de los análisis de suelo, (Espinoza y Gil 1999).

2.9. Época de siembra.

El establecimiento de una leguminosa abarca los periodos de siembra, emergencia, crecimiento y el manejo temprano, estos factores influyen para el tiempo de la utilización del follaje. La fecha de siembra es importante en las regiones tropicales y subtropicales debido a que hay dos estaciones bien definidas, una seca y otra lluviosa, (Ruiz *et al.*, 1989).

2.10. Métodos de establecimiento.

Existen dos métodos de establecimiento: Por medio de semilla en el campo y el trasplante de plántulas. Debido a que la semilla de *Leucaena leucocephala* presenta cubierta impermeable, se recomienda tratar la semilla antes de realizar la siembra, lo cual se logra remojando las semillas en agua a 80°C durante 2-3 minutos con el propósito de permitir la entrada de agua a la semilla, también se debe inocular (Rhizobium y Micorriza) para su posterior germinación, (<http://ganaderialaluna.com/pdf/9mich.pdf> 17/noviembre/17 12:00 pm).

2.10.1. Siembra directa.

Para este método es importante considerar, que el crecimiento inicial de la plántula será lento, por lo tanto, susceptible a la competencia con otras plantas (malezas). Por lo que, es considerable tomar en cuenta, la fecha y la profundidad adecuada de siembra para elevar posibilidades de éxito en el cultivo. La siembra óptima bajo las condiciones de tropicales es al inicio de la temporada de lluvias. La profundidad más adecuada para la siembra es entre 2 y 3 cm. Este sistema de siembra resulta más económico que el método de trasplante de plántulas, (<http://ganaderialaluna.com/pdf/9mich.pdf> 17-noviembre-17 12:00 pm).

2.10.2. Trasplante.

Para la preparación de plantas en vivero, se recomienda utilizar una parte de arena, seis partes de tierra y tres porciones de materia orgánica (estiércol, composta, etc.) en términos de peso. Existen diferentes tipos de bolsas para el semillero; sin embargo, la decisión de cual utilizar dependerá del propósito de la plantación, así como del material a utilizar. Las bolsas pequeñas tienen como ventaja de requerir menos material y tiempo. Las plántulas después de seis a ocho semanas de la germinación o bien cuando estas alcancen una altura de 30 cm estarán listas para ser trasplantadas a campo y establecer el cultivo, (<http://ganaderialaluna.com/pdf/9mich.pdf> 17/noviembre/17 12:00 pm).

2.11. Fertilizantes.

Los fertilizantes son elementos nutritivos que la planta suministra para poder completar sus requerimientos nutrimentales y así poder tener un buen crecimiento y desarrollo durante su ciclo vital. La práctica de fertilización solo es uno de los factores que contribuyen al aumento de producción de los cultivos. Para que la fertilización sea eficiente es importante tomar en cuenta varios aspectos respecto al cultivo, ya que todos se comportan de manera diferente, (Rodríguez, 1982).

Los fertilizantes aportan nutrientes que los cultivos requieren para tener frutos de mejor calidad. Con la aplicación de fertilizantes se mejora los suelos de baja fertilidad debido a su sobreexplotación, (Roma, 2002).

Rodríguez (1982), cita que el suelo puede tener todos los elementos necesarios para la nutrición de los cultivos, pero estos pueden no estar disponibles para la absorción radicular, como en el caso del hierro y el fósforo cuando es un suelo alcalino, para este caso es necesario que se realice una fertilización foliar.

La fertilización de los cultivos es fundamental para el manejo agrícola, para proveer los nutrimentos necesarios a la planta y que el suelo no es capaz de suministrarlo en tiempo y forma apropiados durante su ciclo de vida, (Galvis, 1998)

2.12. Tipos de fertilizantes.

Los cultivos presentan diversos problemas para la fertilización debido a que las necesidades nutrimentales varían de acuerdo al estado fisiológico, etapa fenológica, época y la manera de proporcionarle los nutrimentos que esta requiera, aún así, tratándose de la misma especie, (Tirado, 1977).

2.12.1. Fertilizantes orgánicos.

Se conoce como fertilización orgánica a la adición o mezclas de sustancias naturales para enriquecer la fertilidad del suelo y para que las plantas tengan un mejor crecimiento, (Ramírez, 1998).

(Chaimsohn *et al.*, 2007), citan que los fertilizantes orgánicos aportan nutrientes a través de la descomposición de residuos vegetales y animales en el suelo, el cual se lleva a cabo mediante un proceso biológico, donde el carbono se recicla en la atmosfera como dióxido de carbono, el nitrógeno es disponible como amonio y nitrato, mientras que otros elementos como fósforo, azufre y algunos micronutrientes se presentan en formas requeridas por las plantas.

2.12.2. Fertilizantes Inorgánicos.

Los fertilizantes inorgánicos se utilizan cuando los suelos se encuentran en condiciones bajas de fertilidad y requieren de una solución para que la planta tenga un mejor crecimiento y desarrollo durante su ciclo vital, (Weyers y Paterson, 2001).

Este tipo de fertilizantes son muy usados, debido a que la concentración de nutrientes principales es mucho más elevada que en cualquier fertilizante orgánico, y sus resultados se observan rápidamente en las plantas. Una ventaja con relación a los abonos orgánicos es que en este tipo de fertilizantes ofrece de forma exacta la cantidad de cualquier nutriente necesario. Sin embargo, su mal uso puede traer graves consecuencias. Una aplicación excesiva de fertilizante puede hacer que la plantas sufran una toxicidad debido, causada por el exceso de sales, (<https://www.fertilizantespolecam.es/fertilizantes-tipos-y-formas-de-aplicacion/> 22/noviembre/2017 9:41 am).

2.12.3. Biofertilizantes.

Son aquellos compuestos que contienen microorganismos vivos (bacterias y hongos). Su aplicación hace que estos microorganismos se desarrollen en simbiosis con la planta o en la raíz, ayudándola en sus procesos naturales y consiguiendo que el terreno incremente los nutrientes primarios.

Estos microorganismos se encuentran de forma natural en todos los terrenos que no hayan sido tratados de forma excesiva con fertilizantes y consiguen fijar el nitrógeno atmosférico, la solubilización del fósforo, la antibiosis estimulando el desarrollo vegetal y protegiendo a la planta de microorganismos patógenos del suelo.

Los Biofertilizantes no dañan al medio ambiente y reducen costos de producción, (<https://www.fertilizantespolecam.es/fertilizantes-tipos-y-formas-de-aplicacion/> 22/noviembre/2017 9:41 am).

2.12.4. Fertilizantes químicos.

De origen químico o mineral, la relación de mezcla de diferentes elementos junto con los nutrientes principales, los macronutrientes y los micronutrientes. Estos compuestos agroquímicos se aplican al suelo o directamente a las plantas, obteniendo resultados muy rápidos y visibles en las plantas, (<https://www.fertilizantespolecam.es/fertilizantes-tipos-y-formas-de-aplicacion/> 22/noviembre/2017 9:41 am).

2.13. Formas de aplicación de los fertilizantes.

2.13.1. Radicular o al suelo.

Se aplican directamente al suelo, evitando aplicar cerca del tallo, bien diluida en agua o de forma directa. Su uso puede ser realizado en la superficie o incorporándolo dentro del suelo.

Con esta forma de aplicación se busca acercar los nutrientes a las raíces, para que estas los absorban y asimilen rápidamente. Su uso depende de las necesidades de la planta, pudiéndose utilizar durante todo el ciclo.

Es conveniente conocer los productos pueden ser muy eficientes, pero en exceso puede llegar a matar a las plantas, y a su vez producen graves daños al medio ambiente, (<https://www.fertilizantespolecam.es/fertilizantes-tipos-y-formas-de-aplicacion/> 22/noviembre/2017 9:41 am).

2.13.2. Fertilización foliar.

García (1980), menciona que la fertilización foliar es una segunda vía para la alimentación de las plantas y eso no significa que las raíces pierdan su papel nutritivo.

Los fertilizantes se aplican generalmente directo al suelo para que sean absorbidos por las raíces, pero existen otras formas de aplicar los fertilizantes las cuales pueden más exitosas, una de ella es de manera foliar, así mismo evitar algún factor edáfico, (Fersini, 1984).

El concepto de nutrición foliar se ha limitado a mencionar, ya que por esta vía se puede alimentar a un vegetal, de manera ocasional, complementaria y directamente en las hojas. Sin embargo, las plantas también absorben y acumulan compuestos mediante otros órganos y tejidos aéreos como frutos, flores, axilas, tallos, y todos los puntos meristemáticos de la planta, (Yáñez, 1998).

La fertilización foliar se ha convertido en una práctica común e importante para los productores, ya que ayuda a corregir deficiencias nutrimentales y favorece mejor desarrollo en los cultivos, mejorando el rendimiento y calidad del producto. Este tipo de fertilización no sustituye a la fertilización tradicional de los cultivos, pero si se considera una práctica para suplementar o completar los requerimientos nutrimentales de un cultivo, que no se puede abastecer mediante la fertilización al suelo, (Aguilar, 1998).

2.13.3. Fertirrigación.

Esta técnica agrícola provee la oportunidad de maximizar rendimientos de los vegetales (Hagin, et al., 2002), la aplicación de esta técnica incrementa la eficiencia del uso de los fertilizantes. En la fertirrigación se tiene un mejor manejo de control de las cantidades y concentraciones que se deben aplicar.

Consiste en la disolución de los distintos fertilizantes o abonos en el agua de riego. A través del flujo del agua los nutrientes se repartirán por el terreno, para que la planta los absorba por vía radicular. Estos productos pueden ser aplicados mediante las diferentes técnicas de riego.

Este modo de aplicación es el método más eficiente, porque se suministra en las cantidades de nutrientes requeridas y racionadas, aumentando la producción y calidad de los cultivos, es necesario tener en cuenta la etapa fenológica, las necesidades de los cultivos y la calidad del agua utilizada. (<https://www.fertilizantespolecam.es/fertilizantes-tipos-y-formas-de-aplicacion/> 22/noviembre/2017 9:41 am).

2.14. Nutrición vegetal.

La nutrición vegetal es el proceso de elaboración y utilización de azúcares, aceites y proteínas que son absorbidos de los materiales que se encuentran en el medio ambiente, asimilando los elementos necesarios para que las plantas realicen las diferentes funciones fisiológicas como el crecimiento, desarrollo y producción vegetal, (Borrego, 2000).

Es el proceso mediante el cual las plantas absorben las sustancias que necesitan para realizar su metabolismo y por consecuencia, plantas de calidad. Los elementos nutritivos tienen diferentes fines; el más frecuente, es que la planta responda a la cantidad de nutrientes utilizados y la frecuencia con la que fue aplicada, (Marschner, 2003).

2.15. Nutrientes.

Los nutrientes vegetales son aquellos elementos químicos que en mayor o menor proporción son necesarios para el desarrollo de las plantas. Estos nutrientes se toman del suelo a través de las raíces o del aire a través de las hojas.

Para que los cultivos tengan un buen rendimiento es importante que absorban los nutrimentos requeridos, para que estos sean distribuidos a diversos órganos de la planta (raíces, tallos, follaje y frutos). Las solanáceas absorben grandes cantidades de nutrimentos, de esto dependerá la producción de frutos y materia seca, influía por variables genéticas y ambientales, (Grageda, 1999; Hedge, 1997).

2.16. Elementos minerales esenciales.

Es considerado elemento esencial aquel que cuya ausencia impida que la planta complete su ciclo de vida, (Miller 2005).

De los 90 elementos esenciales que se conoce, 60 de ellos se han encontrado en algunos vegetales; de los cuales muchos de ellos no se

consideran esenciales para su crecimiento, la presencia de estos elementos probablemente se deba a que sus raíces absorben algunos elementos existentes en su entorno de forma soluble. Una capacidad que tienen las plantas es de seleccionar la cantidad de iones que absorben, la cual no es directamente proporcional a la cantidad de nutrientes que se encuentran en el suelo; todo depende de la especie ya que todas absorben de manera diferente los iones, (Resh, 1992).

(Beauchamp, 1981), señalan que para el caso de las plantas que producen semillas (plantas superiores) los nutrientes esenciales son de naturaleza inorgánica y que en 1939 Arnon y Stout establecieron tres criterios de esencialidad:

A) La falta del elemento da como resultado un crecimiento anormal, interrupción por completo del ciclo de vida, o muerte prematura de la planta.

B) El elemento debe de ser específico y no puede ser remplazado por ningún otro.

C) El elemento debe de ejercer un efecto directo en el crecimiento o metabolismo y su efecto no debe ser indirecto como por algún antagonismo o por la presencia de otros elementos en un nivel tóxico.

Sólo 16 elementos están considerados como elementos esenciales para un buen crecimiento y desarrollo de la mayoría de las plantas, que generalmente son absorbidos del ambiente, suelo o del medio nutritivo por las raíces, (Alcántar y Trejo, 2007).

Los elementos esenciales para la mayoría de las plantas son: el carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), azufre (S), cloro (Cl), hierro (Fe), cloro (Cl), manganeso (Mn), boro (B), molibdeno (Mn), cobre (Cu) y níquel (Ni), (Salisbury y Ross, 1994).

Que el elemento se encuentre en la planta no quiere decir que es esencial, debido a que las plantas absorben elementos en solución, sin tener un papel fisiológico o metabólico, (Baker y Pilneam, 2007).

2.17. Macronutrientes.

Los macronutrientes son los elementos que se requieren en abundantes cantidades para asegurar el crecimiento y la supervivencia de las plantas. En síntesis, se puede decir que una cantidad suficiente y una adecuada disponibilidad son fundamentales para el correcto desarrollo de la vegetación. (<https://es.slideshare.net/gustavovillarrealmaury/1-quimica-los-20-elementos-escenciales-para-las-plantas> 25/noviembre/2017 3:35 pm).

a) Elementos primarios.

En la mayoría de los cultivos, las necesidades de las plantas son superiores a las reservas existentes en forma asimilable de los elementos en el suelo, por lo que es necesario realizar aportes de los mismos mediante el uso de abono y sustancias fertilizantes. Se considera que los elementos primarios son N, P y K.

b) Elementos secundarios.

Las cantidades de estos elementos presentes en el suelo suelen cubrir las necesidades de los cultivos, por lo que, en general, no es preciso realizar aportes de ningún tipo al suelo. Este grupo de elementos comprende Ca, Mg y S.

2.18. Nitrógeno.

El nutrimento más importante para un buen desarrollo en los cultivos después del agua es el nitrógeno, abundante en las principales biomoléculas de la materia viva, (Alcántar y Trejo, 2007).

2.18.1. Importancia del nitrógeno en las plantas.

La importancia de este elemento está ligada a su presencia en las moléculas esenciales como: aminoácidos, proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, clorofila, entre otras. La aportación de nitrógeno incide sobre el desarrollo del área foliar de la planta, (Marino *et al.*, 1996). Por lo que promueve la utilización de carbohidratos para la síntesis de proteínas y tejido vegetal promoviendo la expansión foliar mediante el incremento de división celular, (MacAdam *et al.*, 1989; Gastal y Nelson. 1994).

El elemento con mayor abundancia en las plantas después del carbono, el hidrogeno y el oxígeno es el nitrógeno participando principalmente en los procesos de crecimiento como componente estructural y funcional, (Valadez, 1989).

Es el elemento más importante en la nutrición de las plantas, participa en el crecimiento vegetativo y reproductivo. Forma parte de todas las proteínas, e interviene en procesos enzimáticos.

2.18.2. Función del nitrógeno en las plantas.

El contenido de nitrógeno en las plantas cumple importantes funciones bioquímicas y biológicas. Este es un elemento móvil. Las plantas lo absorben, principalmente a través de las raíces, como iones de amonio (NH_4^+) o como iones de nitrato (NO_3^-). Una vez en el interior de las células pasa a constituir las bases nitrogenadas para las distintas funciones fisiológicas, (Simpson, 1986).

El nitrógeno ingresa en la forma de aminoácidos, luego éstos entran en la síntesis de aminoácidos y las proteínas del vegetal.

Es importante seleccionar la forma más adecuada de Nitrógeno tomando como indicadores el estado fenológico de la planta o la zona de área radicular, (Gómez, 2002).

Tisdale y Nelson (1991), reportan que con adecuado aporte de nitrógeno las plantas tendrán crecimientos vigorosos y un intenso contenido de clorofila. Por lo contrario, un exceso de este elemento prolongará el crecimiento y retrasa su madurez.

2.18.3. Deficiencia del nitrógeno en las plantas.

Un síntoma característico de la falta de nitrógeno en la planta es el color pálido, el cual proviene de la reducción de clorofila, suele ser más pronunciado en hojas viejas especialmente en las nervaduras, (Thompson y Troeh, 1988)

La baja disponibilidad de Nitrógeno en los cultivos presenta síntomas variados, el primer síntoma que se manifiesta es una clorosis, es decir la pérdida de moléculas de clorofila, por lo que la planta presenta un color amarillento. La producción y síntesis orgánica se detiene y por consecuencia baja la velocidad de crecimiento y desarrollo, (Domínguez, 1990).

Los síntomas generales de la deficiencia de nitrógeno son: 1) Menor crecimiento, 2) Plantas débiles, 3) Amarillamiento (Clorosis), 4) Necrosis de tejidos (muerte), 5) Caída de hojas, (Rodríguez, 1992).

Acuña (2010), cita que las deficiencias de nitrógeno en la planta son: pérdida de color verde en el follaje, hojas nuevas pequeñas, caídas de hojas, crecimiento lento, disminución de la floración y tallos con coloración rojiza.

Bertsch, (2003), menciona que en algunas plantas se presentan síntomas como la coloración purpura en los peciolo y nervios de las hojas, a causa de la formación de pigmentos antociánicos.

Camacho y Bonilla (1999) afirman que entre más se aumenten las dosis de fertilizantes se obtendrán tallos con mayor grosor.

2.19. Micronutrientes.

Reciben el nombre de micronutrientes, aquellos elementos indispensables para que las plantas puedan completar su ciclo vital, aunque las cantidades necesarias de ellos sean muy pequeñas. El contenido total de micronutrientes en el suelo es función del material de partida y de los procesos edafológicos. Aquellos elementos cuya concentración total en el suelo es normalmente inferior a 1000 mg/kg son llamados elementos traza. Dentro de este grupo podemos incluir a los micronutrientes (Cu, Mn y Zn), imprescindibles para las plantas y para los animales en baja concentración, pero que pueden volverse tóxicos al alcanzar determinados niveles. La excepción entre ellos está en el Fe, que es un micronutrientes pero no estrictamente un elemento traza, (http://www.infoagro.com/abonos/elementos_suelo_esenciales_plantas.htm 23/noviembre/2017 11:27 am).

2.20. Solución nutritiva.

Se define como el conjunto de elementos nutritivos requeridos por las plantas disueltas en agua y en forma asimilable por las raíces de las plantas. Bajo un sistema de cultivo hidropónico la planta requiere de macro nutrientes como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Calcio, Azufre y micronutrientes que son Hierro, Manganeso, Boro, Cobre, Zinc y Molibdeno usando como fuente a los fertilizantes comerciales.

Una solución nutritiva es una mezcla de elementos nutritivos en solución, a una concentración y relaciones elementales, de tal forma que favorecen la absorción nutrimental por el cultivo. En una solución nutritiva se encuentran prácticamente todos los nutrientes considerados esenciales para las plantas, de tal manera que los cultivos no tienen ninguna restricción en su desarrollo, permitiendo obtener altos potenciales de rendimiento, y productos de mejor calidad. (<https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo> 28/noviembre/2017).

2.21. Balance de nutrimentos.

Es importante tener un buen balance de nutrimentos en la nutrición de las plantas, debido que concentraciones altas de un nutrimento en solución puede limitar la absorción de otros; es decir un antagonismo iónico, (Wild y Jones, 1992).

Cuando las plantas tienen un contenido de minerales esenciales bajo es más fácil reconocer su balance nutrimental, ya que esto limitará su crecimiento, (Bennet, 1994).

2.22. Desórdenes nutrimentales.

Fitzpatrick (1984), reporta que los desórdenes nutrimentales se caracterizan por un desequilibrio en el desarrollo y fructificación de las plantas, a causa de un mal manejo de fertilización ya sea al suelo o al follaje, por lo que la calidad y producción de frutos no serán de buena calidad.

Para determinar las deficiencias y/o excesos de nutrimentos en un cultivo, existen varios métodos, entre los que se pueden recurrir se encuentran: el análisis de suelo, análisis de tejidos vegetales y el diagnóstico visual, (Rodríguez, 1989; Finck, 1988).

Un exceso de nutrientes da lugar a desórdenes nutrimentales y la aplicación incorrecta disminuye el aprovechamiento del fertilizante, (Mascareño, 1986). El nitrógeno al ser excesivo, las plantas crecen más rápido, con tallos frágiles por lo que se caerán con facilidad, propensas a enfermedades y desproporción para el crecimiento de raíces, (Acuña, 2010).

Edmon, *et al.* (1981) citan que un exceso de nitrógeno en la fase vegetativa, la planta tendrá un rápido desarrollo de tallos y hojas grandes las cuales tendrán grandes cantidades de clorofila, por lo que absorben cantidades altas de luz para la elaboración de carbohidratos para la formación de células de tallos, hojas y raíces absorbentes.

El Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Magnesio, Cloro y Molibdeno dentro de la planta se movilizan sin dificultad; en cambio el Calcio y Boro son prácticamente inmóviles, mientras que el Azufre, Hierro, Manganeso, Zinc y Cobre son poco o medianamente móviles. Por tal razón los síntomas de deficiencia de los elementos móviles se observan principalmente en las hojas adultas; mientras que los síntomas de deficiencia de los elementos poco móviles e inmóviles en las hojas jóvenes y puntos de crecimiento.

Conocer este criterio de diagnóstico es importante porque permite detectar alguna deficiencia durante el crecimiento del cultivo, lo que permite hacer correcciones oportunas, ya sea a nivel de la solución nutritiva, agregando los elementos esenciales móviles que son rápidamente absorbidos y translocados hacia los diferentes órganos de la planta; o mediante la aplicación foliar de un fertilizante apropiado, para aportar directamente los micronutrientes requeridos por la planta, (<http://acea.com.mx/articulos-tecnicos/alex-j-pacheco/164-nutricion-vegetal-y-soluciones-nutritivas-iii> 23/noviembre/17 9:40 am).

Es importante considerar que las concentraciones de los elementos en la solución cambian en función de varios factores, como son: Etapa fenológica, especie de planta, la luminosidad y tipo de clima.

Ciertamente para obtener los mejores resultados se debe ajustar la solución nutritiva durante el ciclo de crecimiento, y este ajuste es diferente para cada cultivo en particular. Las plantas de hoja comestible generalmente emplean más Nitrógeno; las raíces necesitan más Potasio y los frutos deben mantener niveles relativamente bajos de Nitrógeno, (<http://acea.com.mx/articulos-tecnicos/alex-j-pacheco/164-nutricion-vegetal-y-soluciones-nutritivas-iii> 23/noviembre/17 9:40 am).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del área de estudio.

El experimento se realizó en el vivero de la empresa Flores, Follajes y Plantas del Norte S.A. de C.V. Localizado en el Periférico Luis Echeverría A. 443, con las coordenadas geográficas 25° 26'52.52" N 100° 59'38.8" W Saltillo, Coahuila, México.

3.2. Material vegetativo.

En este experimento se trabajó con 100 ejemplares de la especie *Leucaena leucocephala*, también conocida como guaje en algunos estados de la república mexicana, pertenece a la familia de las Fabáceas, planta arbórea originaria de México, que es capaz de desarrollarse en suelos de baja fertilidad, su follaje es consumido por el ganado y las semillas tiernas por el hombre.

3.3. Establecimiento del cultivo.

El trabajo se realizó en abril del 2017, trasplantando las plántulas de *Leucaena* en bolsas de plástico de 5 x 25 cm, usando una mezcla de tierra, hoja de bosque y aserrín, inmediatamente se aplicó el riego para que las plántulas no se estresaran y eliminar el aire entre los espacios porosos.

3.4. Fertilizantes utilizados y preparación de las soluciones madres.

Para la preparación de las soluciones madres se utilizaron los siguientes fertilizantes: urea (solo en la formulación vegetativa), sulfato de potasio, nitrato de calcio, sulfato de magnesio, sulfato ferroso, sulfato de molibdeno, sulfato de zinc, sulfato de cobre, bórax, triple 18 y ácido sulfúrico. Las aplicaciones de fertilización se realizaron al suelo, se utilizó una probeta de 100 cc.

Las fertilizaciones se llevaron a cabo una vez por semana, en un periodo de nueve semanas.

3.5. Tratamientos.

Mediante las combinaciones de los factores A por B se obtuvieron los siguientes tratamientos:

T1 (A₁, B₁) = Testigo utilizando agua.

T2 (A₁, B₂) = Solución nutritiva vegetativa, a 250 ppm de fertilizante.

T3 (A₁, B₃) = Solución nutritiva vegetativa, a 500 ppm de fertilizante.

T4 (A₁, B₄) = Solución nutritiva vegetativa, a 1000 ppm de fertilizante.

T5 (A₁, B₅) = Solución nutritiva vegetativa, a 2000 ppm de fertilizante.

T6 (A₂, B₁) = Testigo utilizando agua.

T7 (A₂, B₂) = Solución nutritiva reproductiva, a 250 ppm de fertilizante.

T8 (A₂, B₃) = Solución nutritiva reproductiva, a 500 ppm de fertilizante.

T9 (A₂, B₄) = Solución nutritiva reproductiva, a 1000 ppm de fertilizante.

T10 (A₂, B₅) = Solución nutritiva reproductiva, a 2000 ppm de fertilizante.

3.6. Diseño experimental.

Para este estudio se manejó un diseño completamente al azar con arreglo factorial (A por B), se realizaron diez repeticiones por tratamiento, resultando un total de 100 unidades experimentales, la fertilización se realizó una vez por semana durante nueve semanas consecutivas. Los análisis estadísticos (análisis de varianza y comparación de medias), utilizando la prueba de medias (DMS) con una probabilidad de 0.05 %, se efectuaron con ayuda del programa estadístico The SAS System for Windows 9.0 2002.

Factor “A” Tipo de solución nutritiva.

A₁= Tipo de solución nutritiva vegetativa.

A₂= Tipo de solución nutritiva reproductiva.

Factor “B” concentración.

B₁= 0 ppm concentración de solución nutritiva.

B₂= 250 ppm concentración de solución nutritiva.

B₃= 500 ppm concentración de solución nutritiva.

B₄= 1000 ppm concentración de solución nutritiva.

B₅= 2000 ppm concentración de solución nutritiva.

3.7. Modelo estadístico.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable observada.

μ = Efecto de la media.

α_i = Efecto de la *i*-ésima formulación.

β_j = Efecto de la *j*-ésima concentración.

$\alpha\beta_{ij}$ = Efecto de la interacción tipo de nutrición *i*-ésima por la *j*-ésima concentración.

ε_{ijk} = Error experimental.

3.8. Variables evaluadas.

Todas las variables fueron evaluadas al finalizar las nueve semanas de la fertilización y fueron las siguientes:

Altura de Planta (AP). Esta variable se midió con una regla desde la base del tallo hasta el último ápice de hoja superior. Los datos se reportaron en centímetros (cm), de diez repeticiones por tratamiento.

Diámetro de Tallo (DT). Para medir el diámetro de tallo se utilizó un vernier. Los datos se reportaron en milímetros (mm), diez repeticiones por tratamiento.

Número de Hojas (NH). Se contaron el número de hojas por planta en cada una de las diferentes repeticiones.

Ganancia en Altura (GA). Para la obtención de datos de esta variable, se utilizó la diferencia de altura inicial menos altura final. Los datos se representaron en (cm).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Altura de Planta.

La altura de planta es una variable de importancia en el crecimiento y desarrollo de los cultivos, la que determina de forma directa la calidad y el precio del producto.

Al analizar los resultados se encontró que en la nutrición de *Leucaena*, para esta variable existe únicamente diferencias significativas para el factor B (Concentración de solución nutritiva) (Cuadro 4.1), lo que indica que en esta variable influye de manera importante la concentración de fertilizante en la solución, que fue aplicada en las plantas.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables: Altura de planta, diámetro de tallo, número de hojas, ganancia en altura.

FV	GL	AP	DT	NH	GA
TSN	1	90.756 ^{NS}	0.000576 ^{NS}	4.00 ^{NS}	119.39 [*]
CSN	4	91.392 [*]	0.204 ^{NS}	46.565 [*]	90.748 [*]
TSN * CSN	4	39.262 ^{NS}	0.165 ^{NS}	12.575 ^{NS}	37.811 ^{NS}
Error exp	90	27.549	0.232	16.986	27.946
Total	99				
CV		19.20561	15.22689	27.62392	27.73419

FV: Fuentes de Variación, **GL:** Grados de Libertad, **TSN:** Tipo de solución nutritiva **CSN:** Concentración de solución nutritiva, **TSN*CSN:** Tipo de solución nutritiva por la interacción de Concentración de solución nutritiva, **AP:** Altura de planta, **DT:** Diámetro de tallo, **NH:** Número de hojas **GA:** Ganancia en altura, **CV:** Coeficiente de Variación, **NS:** No Significcate, *****: Significativo.

En la prueba de medias DMS, se encontraron tres grupos de significancia en la respuesta estadística, ubicando la concentración de 250 ppm en el nivel (a), el que mejores resultados reportó sobre esta variable (Cuadro 4.2), seguido de la concentración 500 ppm ubicado en el mismo grupo de significancia, pero estadísticamente también es ubicado en el grupo (b), mientras que las concentraciones de fertilizantes 1000 y 2000 ppm, reportaron una menor altura, sin embargo, superaron al testigo mismos que se ubicaron en el grupo de significancia (c). En promedio Altura de Planta mostró una respuesta lineal de acuerdo a la siguiente ecuación $y=27.979-0.0009x$, donde x = concentración de solución nutritiva.

Cuadro 4.2. Comparación de prueba de medias DMS (5%), en las variables evaluadas, para el factor “B” (Concentración de la solución nutritiva).

CSN	AP	DT	NH	GA
0 ppm	25.06 c	3.77 a	15.00 ab	17.66 b
250 ppm	30.24 a	3.80 a	16.95 a	22.24 a
500 ppm	28.71 ab	3.79 a	15.10 ab	20.25 ab
1000 ppm	26.86 bc	3.75 a	14.90 ab	17.89 b
2000 ppm	25.77 bc	3.56 a	12.65 b	17.25 b

CSN: Concentración de solución nutritiva, **AP:** Altura de planta, **DT:** Diámetro de tallo, **NH:** Número de hojas **GA:** Ganancia en altura, Medias con letras iguales dentro de la misma columna son estadísticamente iguales, según DMS con una probabilidad de 0.05%.

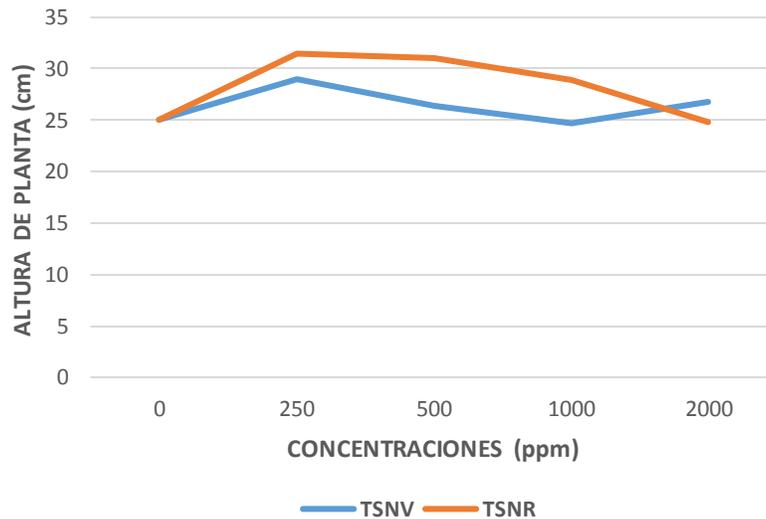
La comparación de medias para el factor “A” (Tipo de solución nutritiva), solo se encontró un grupo de significancia, donde ambas formulaciones se encontraron en el nivel (a) (Cuadro 4.3), lo que indica que son estadísticamente iguales, tal como lo reportó el análisis de varianza, por lo que es indistinto aplicar cualquier tipo de solución nutritiva, cuando la finalidad principal es la producción de esta especie como planta en maceta; es probable que el tipo de solución nutritiva empleada, tenga influencia en las plantas, cuando estas sean establecidas de manera definitiva en campo, es posible que las plantas bajo esta condición, manifiesten un crecimiento estable (conducta vegetativa), o bien que muestren pronto la aparición de flores y vainas (conducta reproductiva), que resulta favorable para los fines de producción de vainas.

Cuadro 4.3. Comparación prueba de medias DMS (5%), en las variables evaluadas, para el factor “A” (Tipo de solución nutritiva).

TSN	AP	DT	NH	GA
VEGETATIVA	26.377 a	3.735 a	15.120 a	17.969 b
REPRODUCTIVA	28.282 a	3.740 a	14.720 a	20.154 a

TSN: Tipo de solución nutritiva, **AP:** Altura de planta, **DT:** Diámetro de tallo, **NH:** Número de hojas **GA:** Ganancia en altura, Medias con letras iguales dentro de la misma columna son estadísticamente iguales, según DMS con una probabilidad de 0.05%.

La interacción de los factores A por B (Cuadro 4.1), se encontró una respuesta estadística no significativa, lo que indica que el tipo de solución no influye sobre la concentración de solución nutritiva y viceversa. En la Figura 4.1 se observa un comportamiento diferente al análisis de varianza, presentando una leve interacción en la concentración más alta de la solución nutritiva (2000 ppm).

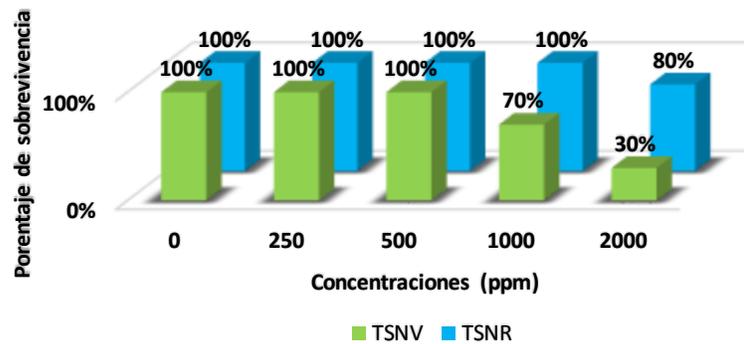


TSNV: Tipo de solución vegetativa.

TSNR: Tipo de solución reproductiva.

Figura 4.1.
Efecto de la interacción de las concentraciones y el tipo de la solución nutritiva, en la variable altura de planta.

En la figura 4.2, se observa el porcentaje de sobrevivencia sobre la influencia del factor “B” (Concentración de fertilizantes), al finalizar las nueve semanas de aplicaciones de fertilización.



TSNV: Tipo de solución nutritiva vegetativa, TSNR: Tipo de solución nutritiva reproductiva.

Figura 4.2.
Porcentaje (%) de sobrevivencia de las plantas acuerdo a las diferentes concentraciones de la solución nutritiva aplicadas, después de las nueve semanas de trasplante.

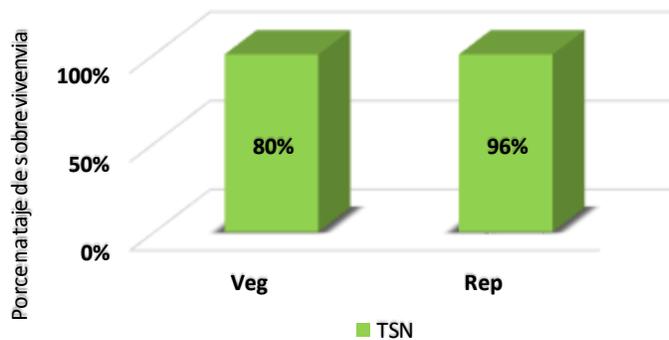
Se observa, que entre más se aumenta la concentración en la solución nutritiva, la planta retrasa su crecimiento, hasta incluso llegar a la muerte, por causa probable de toxicidad a una elevada concentración de sales (Cuadro 4.4). En el tipo de solución reproductiva se encontró un mayor porcentaje de sobrevivencia en las plantas, observando que, al aplicar este tipo de solución nutritiva, las plantas pueden soportar hasta 1000 ppm de concentración de la solución de fertilizante; mientras que, para el tipo de solución vegetativa, la plantas solo soportan hasta una concentración de 500 ppm.

Cuadro 4.4. Porcentaje de sobrevivencia de los diferentes tratamientos y tipo de nutrición.

TSN	Tratamiento	Concentración (ppm)	% de Sobrevivencia	% de sobrevivencia por tipo de nutrición
VEGETATIVA	T1	0	100%	80%
	T2	250	100%	
	T3	500	100%	
	T4	1000	70%	
	T5	2000	30%	
	T6	0	100%	
REPRODUCTIVA	T7	250	100%	96%
	T8	500	100%	
	T9	1000	100%	
	T10	2000	80%	

TSN: Tipo de solución nutritiva.

En la Figura 4.3, se observa el porcentaje de sobrevivencia de la influencia causada por el factor “A” sobre *Leucaena*, durante las nueve semanas de fertilización de esta especie, independientemente de la concentración de fertilizantes en la solución aplicada.



TSN: Tipo de solución nutritiva, Veg: Vegetativa, Rep: Reproductiva.

Figura 4.3.
Porcentaje (%) de sobrevivencia de las plantas de acuerdo al tipo de nutrición, después de las nueve semanas de trasplante.

El guaje, por ser una leguminosa, tiene la capacidad de fijar en el suelo, el nitrógeno ambiental.

Camacaro, *at al.* (2004), reportan que es probable, que en suelos con buena fertilidad natural, usando *Leucaena* asociada con las Poaceas no se requiera de aplicaciones adicionales de nitrógeno.

Tisdale y Nelson (1991), Indican que, si se aporta un adecuado suministro de nitrógeno a las plantas, tendrán crecimientos vigorosos y un intenso contenido de clorofila. Por lo contrario, un exceso de este elemento prolongará el crecimiento y retrasará su madurez.

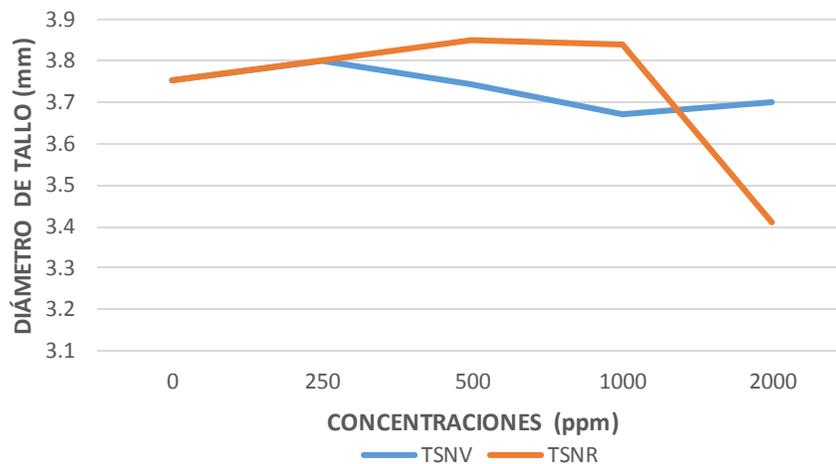
4.2. Diámetro de tallo.

El diámetro de tallo es una variable importante para la planta, ya que es el órgano de reserva para las plantas, con respecto al vigor, plantas con tallos delgados son más frágiles por lo que no soportarán grandes cantidades de frutos, por lo contrario, tallos de buen grosor tendrán una mejor resistencia, pudiendo llegar a soportar cargas más pesadas en follaje y frutos.

Para el factor A (Tipo de solución nutritiva) se encontró una respuesta no significativa para esta variable, lo que indica que no influye el tipo de formulación nutritiva a usar, es lo mismo utilizar en la producción de la planta la fórmula reproductiva o la fórmula vegetativa. En la prueba de medias DMS, únicamente se encontró un grupo de significa (**a**) cuadro (cuadro 4.2). Esta variable mostró una tendencia lineal con la siguiente ecuación $y=3.8262-0.0001x$, donde x = concentración de solución nutritiva.

Para el factor B (Concentración de fertilizantes) tampoco reportó una respuesta estadística significativa, por lo que solo se obtuvo un nivel de significancia (**a**); es lo mismo aplicar concentraciones bajas o altas de fertilizantes, pero con menor altura si se usan concentraciones altas de estas, además de que se afecta la sobrevivencia.

En la interacción de factores A por B (Cuadro 4.1), se encontró una respuesta estadística no significativa, por lo que se trata de factores con un comportamiento independiente, el tipo de fórmula vegetativa o reproductiva no influye sobre la concentración y esta última sobre el tipo de fórmula aplicada. Es indistinto la concentración de fertilizantes aplicados, con respecto al tipo de nutrición vegetativa o reproductiva. En la figura 4.4 se observa una respuesta diferente al análisis de varianza, presentando una interacción en las concentraciones 250 y 1000 ppm de la solución nutritiva.



TSNV: Tipo de solución vegetativa.
TSNR: Tipo de solución reproductiva.

Figura 4.4.
Efecto de la interacción de las concentraciones y el tipo de la solución nutritiva, en la variable diámetro de tallo.

Las plantas leñosas requieren de más tiempo para que estas tengan un tallo con un diámetro favorable, sin olvidarse de aportarle los nutrientes que va a necesitar durante todo su ciclo vital.

Contrario a lo reportado por Camacho y Bonilla (1999), que afirman que entre más se aumenten las dosis de fertilizantes se obtendrán tallos con mayor diámetro. Diferentes de los resultados obtenidos en este trabajo, probablemente

por el corto periodo en que se estableció el experimento, es posible que las aplicaciones fueron insuficientes para aumentar el diámetro del tallo o bien por la etapa juvenil de la planta.

Aplicar nitrógeno en exceso, provoca en las plantas un crecimiento más rápido, pero con tallos más frágiles, propensos a enfermedades y desproporción para el crecimiento de raíces, (Acuña, 2010).

4.3. Número de hojas.

Las hojas en las plantas son necesarias, debido a que es el órgano responsable de concentrar moléculas de clorofila, mismas que ayudaran a la elaboración de carbohidratos y azúcares, para la sobrevivencia de la planta.

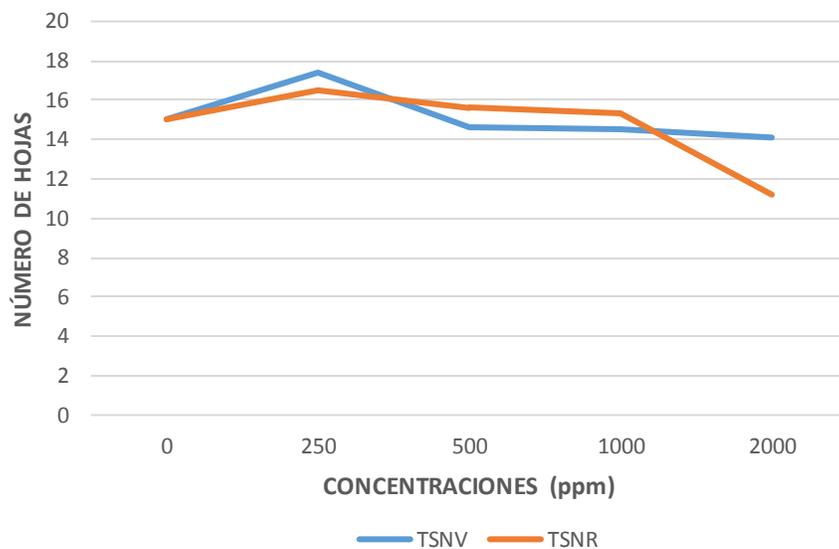
Al analizar los resultados se encontraron diferencias no significativas (Cuadro 4.1), para el factor A (Tipo de solución nutritiva), lo que indica para esta variable, que es lo mismo usar la fórmula de nutrición vegetativa o usar la fórmula de nutrición reproductiva. No se encuentra consecuencia alguna y no influye en el caso específico para el número de hojas.

Al realizar la prueba de medias DMS, reporta para el factor A (Cuadro 4.3), un grupo de significancia (**a**), lo que hace posible el uso de ambas fórmulas de nutrición para esta variable, no afecta de manera directa usar la fórmula vegetativa o en su defecto usar la fórmula reproductiva.

Para el factor B (Concentración de fertilizantes) se encontró una respuesta estadística significativa (Cuadro 4.1), lo que indica para esta variable que las concentraciones de fertilizante influyen de manera directa en su comportamiento. La prueba de medias (DMS), se encontró dos grupos de significancia, en el grupo (**a**) se ubica la concentración 250 ppm de solución nutritiva, desarrollando más número de hojas que las demás concentraciones (Cuadro 4.2), así mismo, superó a las concentraciones 0, 500, y 1000 ppm de solución nutritiva en un 13 % que están ubicadas en el mismo nivel de

significancia, pero también dentro del grupo (b) y finalmente con un 33.99 % la concentración de 2000 ppm que fue la que menor número de hojas desarrolló durante este trabajo en el grupo (b). Esta variable mostró una respuesta lineal de acuerdo a la siguiente ecuación $y=16.109-0.0016x$, donde x = concentración de solución nutritiva.

La interacción de los factores A por B se encontró que no existen diferencias significativas (Cuadro 4.1), que indica una independencia entre los factores, es decir, el factor A no determina la respuesta del factor B, y viceversa, en la Figura 4.5 se observa una interacción en las concentraciones 250 y 1000 ppm de la solución nutritiva, contrario a lo que reportó el análisis de varianza.



TSNV: Tipo de solución vegetativa.
TSNR: Tipo de solución reproductiva.

Figura 4.5.
Efecto de la interacción de las concentraciones y el tipo de la solución nutritiva, en la variable número de hojas.

Edmon, *at., al.*, (1981) mencionan que un exceso de nitrógeno en la fase vegetativa, la planta tendrá un rápido desarrollo de tallos y hojas grandes con altas cantidades de clorofila por lo consiguiente absorben más luz, elaborando así suficientes carbohidratos para la formación de células de tallos, hojas y raíces. Contrario a la respuesta obtenida en este trabajo, en donde las concentraciones altas de nitrógeno fueron desfavorables causando la muerte de algunas plantas, como consecuencia probablemente de una intoxicación por sales.

4.4. Ganancia en altura.

El incremento de altura en las plantas depende de un crecimiento y desarrollo óptimos, que es proporcionado debido a una adecuada nutrición vegetativa. Es importante señalar que la ganancia en altura es una variable clave para conocer el crecimiento que la planta presentó, es decir, representa la altura que se obtuvo durante el proceso de nutrición.

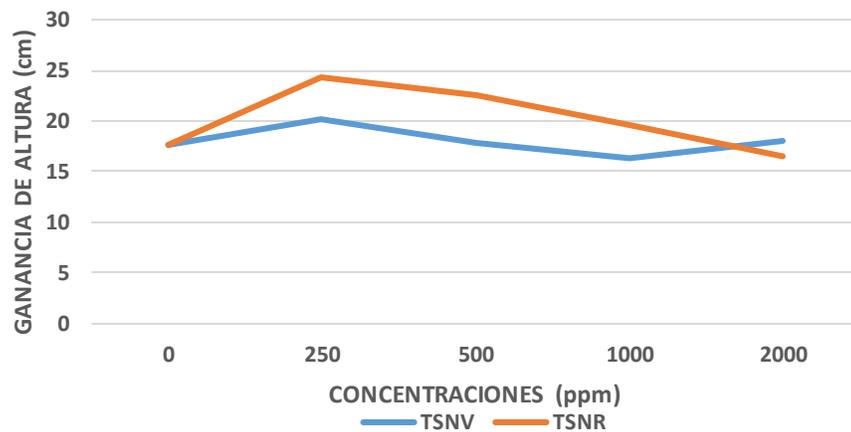
Analizando los resultados se observó una respuesta estadística significativa (Cuadro 4.1), para el factor A (Tipo de solución nutritiva), lo que indica para esta variable, es que los tipos de nutrición vegetativa o reproductiva influyen de manera directa. Se considera emplear la fórmula nutritiva adecuada para obtener el mejor comportamiento sobre la variable ganancia en altura.

Para el factor B (Concentración del fertilizante en la solución nutritiva) se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos (Cuadro 4.1), lo que indica, que las concentraciones influyen de manera directa sobre esta variable. Según los resultados analizados reportan un mejor crecimiento las concentraciones de fertilizante de la solución usada, en comparación con el testigo que reportó la respuesta menos favorable, pero fue superior a la concentración de 2000 ppm, se plantea este efecto debido a que la concentración más alta de sales afecta el crecimiento de la planta.

En la comparación de prueba de medias (DMS), para el factor A reporta dos grupos de significancia (Cuadro 4.2), presentando un mejor comportamiento el tipo de nutrición reproductiva que se ubica en el nivel **(a)** superando con un 12.15 % al tipo de solución vegetativa, el que se ubica en el nivel **(b)**. Se observa que usar la fórmula reproductiva genera una mejor respuesta para esta variable, se considera posible que este efecto es debido a que la especie vegetal evaluada fueron plántulas, entonces al no usar nitrógeno para ese estado fenológico influye directamente en un crecimiento acelerado, provocando un incremento más rápido en la altura, caso contrario al usar la fórmula vegetativa al contener nitrógeno es probable que la respuesta afecte principalmente a la formación de hojas en estado de plántula. En promedio Ganancia en altura mostró una respuesta lineal de acuerdo a la siguiente ecuación $y=20.079-0.0014x$, donde x = concentración de solución nutritiva.

La prueba de medias DMS, para el factor B (Cuadro 4.2), los resultados obtenidos reportan dos grupos de significancia, la concentración de fertilizante de 250 ppm ubicado en el nivel **(a)** fue la mejor superando a las otras concentraciones, seguido de la concentración de fertilizante 500 ppm que se ubica en el mismo grupo estadístico, las concentraciones 0, 1000 y 2000 ppm se ubicaron en el nivel **(b)**. Se observa que el testigo es superior a la concentración más alta 2000 ppm, pero es superado por las otras concentraciones, a medida de aplicar concentraciones bajas se obtienen mejores respuestas para esta variable, el incremento de altura está relacionado con concentraciones bajas de sales, pero no incluir estas en una solución nutritiva tampoco se genera un crecimiento esperado, lo que se observa con el testigo.

Para la interacción de los factores A por B, se encontró que no existen diferencias significativas, lo que indica que cada factor es independiente. Lo cual el factor A no determina la respuesta del factor B y viceversa. En la figura 4.6 se observa una interacción en la concentración 2000 ppm, contrarió a los resultados reportados en el análisis de varianza.



TSNV: Tipo de solución vegetativa.

TSNR: Tipo de solución reproductiva.

Figura 4.6.
Efecto de la interacción de las concentraciones y el tipo de la solución nutritiva, en la variable ganancia en altura.

IV. CONCLUSIONES

Una alta concentración de fertilizantes genera en *Leucaena* cierta toxicidad a medida que se aumentan las sales, al reportar un menor crecimiento.

La falta de nitrógeno únicamente influyó en la variable Ganancia en altura.

En el tipo de nutrición vegetativa en donde el nitrógeno se encontraba en igual concentración que los cationes, únicamente favoreció a la variable Número de hojas.

La respuesta de la variable Diámetro de Tallo no fue influenciada por los factores (Tipo de solución nutritiva y Concentración de solución nutritiva).

El tipo de solución reproductiva presentó mejor porcentaje de sobrevivencia, destacándose las concentraciones de 250, 500, 1000 ppm con un 100 % de sobrevivencia.

Literatura Consultada

- Acuña, A. 2010. Manual Agropecuario. Hogares Juveniles Campesinos. Bogotá, Colombia. 714 y 715 pp.
- Aguilar, M.D. 1998. La fertilización foliar un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. Artículo de Memorias del primer Simposium Nacional sobre Nutrición de cultivos, Querétaro, Querétaro. 26, 27, 32 pp.
- Alcántar, G. G; Trejo. T. L. 2007. Nutrición de Cultivos, Colegio de Posgraduados Mundi-rensa, México. 437 p.
- Anónimo. 2001. *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit. [en línea] Disponible en: http://www.rockfound.org.mx/deeringiana_biesp.html. 2001. [Consulta: enero, 7 2003].
- Bagdan, A.V. 1977. Tropical Pasture and Fodder Plants. Long-man Group, London 369-374 pp.
- Beauchamp, D. 1981. Nutrición vegetal. Ed. Tonsa-San Sebastián. México, D.F. 311 p.
- Barker, A.V.; Pilbeam, D.J. 2007. Handbook of Plant Nutrition. Taylor & Francis, Boca Raton, FL. U.S.A.
- Bennett, W.F. 1994. Nutrient Deficiencias and Toxicities in Crop Plants. APS PRESS. Minnesota. U.S.A. 202 p.
- Bertsch, F. 2003. Absorción de Nutrientes por los Cultivos. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 307 p.
- Borrego, A. 2000. Ciencias de la Naturaleza. Editorial Guadaluquivir. 249 pp.
- Brewbaker, J. L.; 1976. The Woddy Legume *Leucaena*: promising source of feed, fertilizer and fuel in the tropics. Seminario Internacional de Ganadería Tropical efectuado en Acapulco, Guerrero, México. FIRA. Banco de México. 13-28 pp.
- Brewbaker, J. L. Hutton, E. M. 1979. *Leucaena* versatile tropical legume. New Agricultural Crops. (Eds. Ritchie, Cray A.), A.A.A.S. Selected Symposium, N 38, Westview press. Colorado, USA. 207-259 pp
- Brewbaker, J.L. y Sorensson, C.T. 1990. New tree crops from interspecific *Leucaena* hybrids. In: Janick, J. and Simón. J.E. (eds) *avances in new Crops*. Timber Press, Portland. Bangkok, Thailand. 283 p.
- Camacaro, S., J. Garrido y W. Machado. 2004. Fijación de Nitrógeno por *Leucaena leucocephala*, *Gliricidia sepium* y *Albizia lebeck* y su transferencia a las gramíneas asociadas. Zoot. trop., 22(1). 49-69 pp.

- Camacho, J. Y R Bonilla, 1999. Efecto de Tres Niveles de Nitrógeno y Tres Densidades Poblacionales Sobre el Crecimiento, Desarrollo y Rendimiento en el Cultivo de Maíz (*Zea mays L.*) Var NB-6. Tesis de Ing. Agr. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua, 63 p.
- Chaimsohn P, Villalobos E, Urpí J. 2007. El Fertilizante Orgánico Incrementa la Producción de Raíces en Pejibaye (*Bactris gasipaes K.*) Editorial. Agronomía. San José, Costa Rica. 57-64 pp.
- Dijkman, MJ; 1950. *Leucaena* a Promising Soil Erosion Control Plant Econ. Bot Vol. 4. 337-349 pp.
- Domínguez, V. 1990. El Abono de los Cultivos. Ediciones mundi prensa. 26-29, 233-240. pp.
- Edmon, D.E; T.L. Senn., and F.S. Andrews, 1984. Principios de Horticultura. 7ma. Edición. Editorial Continental, S.A. México, D.F. 575 p.
- Escobar, A. 1996. Estrategias para la Suplementación de Rumiantes en el Trópico. Leguminosas Forrajeras Arbóreas en Agricultura Tropical. Universidad de Zulia, Maracaibo, Venezuela. 49-63 pp.
- Espinoza, F. y J. Gil 1999. Experiencias con *Leucaena leucocephala* en el Estado de Cojedes. In: Chacón, E.; Baldizán, A. y Fossi, H. (Eds.). II Cursillo sobre Recursos en Bovinos a Pastoreo, UCV, Fac.Cs. Vet, Maracay, 27-29 pp.
- Fersini, A. 1984. Horticultura Práctica. Editorial Diana, México, D.F. 428-430 pp.
- FIRA, Banco de México, S.A. 1980. *Leucaena* (Huaje) Leguminosa Tropical mexicana. Usos y su potencial. 90 p.
- Finck, A. 1988. Fertilizantes y Fertilización. Editorial. REVERTÉ S. A. Barcelona, España. 439 p.
- Fitzpatrick, E.A. (1984), "Suelos, su Permanencia, Clasificación y Distribución. Primera Edición en español Cía. Editorial Continental, S.A. de C.V. México.
- Galvis, S. A. 1998. Diagnóstico y Simulación del Suministro de Nitrógeno Edáfico para Cultivos Anuales. Tesis de Doctor en ciencias. IRENAT, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 327 p.
- García, F. A. (1980) "Fertilización Agrícola". Segunda edición. Editorial AEDOS. México, D.F.
- Gastal, F., y Nelson, C.J. 1994. Nitrogen use within the growing leaf blade of tall fescue. Plant Physiology, 105: 191-197 p.
- Geilfus, F. 1994. El árbol al servicio del agricultor. Manual de Agroforestería para el desarrollo rural. Volumen 2. Guía de especies. Enda-Caribe. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 525 p.

- Gómez, B.J. Gpe. 2002. Se celebra el 16vo. Congreso Internacional del Chile. Hortalizas Frutas y Flores. 12-15 pp.
- Grageda, G. J. 1999. La fertilización en Hortalizas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Centro de Investigación Regional Noreste. Folleto Técnico No. 19 Sonora México. 62 p.
- Gray, S.G.1968. A review of research on *Leucaena leucocephala*. Tropical Grasslands. 2.12 p.
- Gutiérrez, M. A.; Rodríguez, G. E. 1984. *Leucaena leucocephala* planta promisoría para producir en el trópico proteína para el ganado. Zootecnia. Universidad de San Carlos, Guatemala 3-7 pp.
- Hagin, J., M. Sneh y A. Lowengart-Arcicegi. 2002” Fertigation-Fertilization through irrigation”. IPI Research Topics N° 23. Editorial. A. E. Johnston. Internacional Potsh Institute, Basilea (Suiza).
- Hedge, D. M. 1997. Nutrient requirements of solanaceus vegetablas crops. Extension bulletin ASPAC, Food and Fertilizer Technology Canter for the Asian and Pacific Region. Taipei, Taiwan. No. 441 99 p.
- Humpreys, L. R; 1973 Pasturas mejoradas para regiones tropicales y Subtropicales, una guía WrihSthephenson y Co. Ltd. Australia.79 p.
- Hutton, E. M; Gray, S G. 1959 Problems in adopting *Leucaena glauca* as forage for the Australian tropics. Empire. Journal of Experiment Agriculture. Agric. Vol. 27 187-196 pp.
- Ishizuka, V. 1978. Nutrient defices of crops. ASPAC. 14 wenchow stret, Tapei Taiwan, Republic of china.
- Machado, R.; Milesa, M.; Menéndez, J.; García Trujillo, R. 1978. *Leucaena (Leucaena leucocephala* Lam. de wit). Pastos y Forrajes 1: 321-347.
- MacKown, C.T., y Carver B.F. 2005. Fall forage biomass and nitrogen composition of winter wheat population selected from grain-only and dual purpose environments. Crop Science 45: 322-328 p.
- Mascareño, C.F. (1987). Problemas nutricionales, en tomate en el Valle de Culiacán. INIFAP, Campo Experimental, Valle de Culiacan.
- Marino, M.A., Mazzanti, A., Echeverría, H.E., y Andrade, F. 1996. Fertilización nitrogenada de cultivos forrajeros invernales. 1. Acumulación de forraje. 20° Congreso Argentino de Producción Animal, Termas de Río -65-Hondo, Santiago del Estero, junio de 1996. Revista Argentina de Producción Animal, 16 (1): 248-249 p.

- Marschner, H. 2003. Mineral Nutrition of Higher Plant. Academic. Press. San Diego, California, U.S.A. 674 pp.
- Miller C, E. 2005. Plant Physiology. Editorial. Biotech Books. 1201.
- National Academy of Science. 1977. *Leucaena*: Promising forage and tree crop for the tropic. Washington, D.C. 115 p.
- Oakes, A.J; Butcher, J. 1968. *Leucaena leucocephala*: Description Culture Utilization. Advancing Frontiers of Plant Scarification and Germination. New Delhi, India. Vol 20 114p.
- Pérez, G, Z. J; 1977. Potencial y uso de la *Leucaena* en México, FIRA, Boletín informativo No. 103 Vol. XI 8-15 pp.
- Ramírez, G. 1998. Efecto de la fertilización con nitrógeno y fósforo del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Editorial. Agronomía Costa Rica 69-73 pp
- Resh, H. 1992. Cultivos Hidropónicos, Nuevas Técnicas de producción. 3ª Edición. Mundi-prensa. Madrid, España. 366 pp.
- Rodríguez, S.F. (1982). "Fertilizaciones, nutrición vegetal". Primera Edición. AGT Editor, S.A. México, D.F.
- Rodríguez, S. F. 1989. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. AGT Editor S. A. 1ª reimpresión. México, D.F. 157 p.
- Rodríguez, S. F. 1992. Fertilizantes, Nutrición Vegetal, AGT Editor, Segunda reimpresión, México, D.F. 157, 158 pp.
- Roing, J,T; 1974 Aroma Blanca (*Luecaena glauca*). Plantas medicinales aromáticas o venenosas de Cuba Ciencia y Técnica. Inst. del Libro. La Habana, Cuba. 170p.
- Ruíz, T.E. Febles, G. Bernal, G. y Díaz, L.E. 1989 Estudio de la fecha de siembra de *Leucaena leucocephala* en cuba. Rev. Cubana Cienc. Agric. Vol. 23 203 p.
- SAGARPA, 2010, Producción de flores de corte y plantas de ornato en maceta. Recuperado de: <https://tecnoagro.com.mx/revista/2010/no-61/produccion-de-flores-de-corte-y-plantas-de-ornato-en-maceta/>
- Salazar, G. S. 2002. Nutrición del Aguacate, Principios y Aplicaciones. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias-Instituto de la Potasa y el Fósforo. Querétaro, México. 165 p.
- Salisbury, F. B.; Ross C. W 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial. Iberoamericano S.A. de C.V. México.
- Simpson, K. 1984. Abonos y estiércoles. Editorial ACRIBIA. Zaragoza España.11-15 pp.

- Sharma, N.K.; Singh, P.N.; Tyagi, P.C. y Mohan, S.C. 2001. Effect of application of *Leucaena* mulch on soil moisture conservation and productivity of rainfed wheat. *Indian Journal of Soil Conservation*. Dehradun India 9(2) 143 p.
- Shelton, H.M. 1996. El Género *Leucaena* y su Potencial para los Trópicos. En: leguminosas forrajeras arbóreas en la agricultura tropical. (Ed. T. Clavero). Centro de Transferencia de Tecnología en Pastos y Forrajes. Universidad del Zulia. Maracaibo, Venezuela. 17 p.
- Thompson, L.M. y Troeh, F.R. (1988). *Los Suelos y su Fertilidad*. 4a Edición. España, Barcelona, Reverte, S.A. 640 p.
- Tirado, T. J. L. 1997. Variaciones en la concentración de N, P, K en las hojas de aguacate. Fuerte por efecto de fertilizantes y estados fenológicos. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo, México. 63 p.
- Tisdale, S. y W. Nelson., 1992. *Fertilidad de suelos y fertilizantes* 1ª. Reimpresión. Editorial Limusa UTEHA Unión Topográfica Hispano Americana, S.A. de C.V.; México 760 p.
- Valadez. L.A. 1989. *Producción de Hortalizas*. Editorial LIMUSA, México, D.F. 33, 35, 38 pp.
- Weyers, J. and N. Paterson. 2001. Plant hormones and the control of physiological processes. *New Phytologist*. 375-407 pp.
- Wild, A.; Jones L. H. P. 1992. Nutrición Mineral de las Plantas Cultivadas 73-119 pp. *In*. *Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas según Russell*. Wild, A. (ed). Editorial. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Yáñez, R.J.N. 1998. Penetración, Absorción y Translocación de Nutrientes Aplicados Vía Foliar. Memorias del primer Simposium Nacional sobre Nutrición de cultivos, Querétaro, Querétaro. 25 p.
- Yates, A. 1979. *Mejores pastizales para trópicos*. Arthur Yates y Co. Pty Ltd. 41 p.
- Zakayo, G.; Krebs, G.L. y Mullan, B.P. 2000. The use of *Leucaena leucocephala* leaf meal as a protein supplement for pigs. *Asian Australasian Journal of Animal Sciences*. 13(9): 1309 p.

CONSULTA DE INTERNET

- <http://www.verarboles.com/Guaje/guaje.html> 16/noviembre/2017 9:27 am.
- <http://catalogo.biodiversidad.co/fichas/5365> 05/junio/2017 10:34 am.
- <http://www.ganaderialaluna.com/pdf/9mich.pdf> 17/noviembre/17 12:00 pm
- <https://www.fertilizantespolecam.es/fertilizantes-tipos-y-formas-de-aplicacion/> 22/noviembre/2017 9:41 am.
- <https://es.slideshare.net/gustavovillarrealmaury/1-quimica-los-20-elementos-escenciales-para-las-plantas> 25/ noviembre/2017 3:35 pm
- <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/la-hidroponia-cultivos-sin-suelo> 28/noviembre/2017.
- http://www.infoagro.com/abonos/elementos_suelo_esenciales_plantas.htm 23/noviembre/2017 11:27 am-

APÉNDICE

Anexo 1. Análisis de varianza para la variable altura de planta (AP).

FV	GL	SC	CM	FC	P > F
TSN	1	90.756	90.756	3.294	0.0729 ^{NS}
CSN	4	365.57	91.392	3.317	0.0143 *
TSN* TCN	4	157.051	39.262	1.42	0.768 ^{NS}
Error	90	2479.429	27.549		
Total	99	3090.807			

CV: 19.20561

FV= Fuente de variación, **GL=** Grados de libertad, **SC=** Suma de cuadrados, **FC=** f calculada, **P>F=** Probabilidad de F, **NS=** No Significativo, *= significativo, **CV=** Coeficiente de variación, **TSN:** Tipo de solución nutritiva **CSN:** Concentración de solución nutritiva, **TSN*CSN=** Tipo de solución nutritiva por la interacción de concentración de solución nutritiva.

Anexo 2. Análisis de varianza para la variable diámetro de tallo (DT).

FV	GL	SC	CM	FC	P > F
TSN	1	0.000576	0.000576	0.00177796	0.966 ^{NS}
CSN	4	0.816	0.204	0.62969441	0.642 ^{NS}
TSN* TCN	4	0.661	0.16525	0.51008334	0.728 ^{NS}
Error	90	29.157	0.32396667		
Total	99	30.636			

CV: 15.22689

FV= Fuente de variación, **GL=** Grados de libertad, **SC=** Suma de cuadrados, **FC=** f calculada, **P>F=** Probabilidad de F, **NS=** No Significativo, *= significativo, **CV=** Coeficiente de variación, **TSN:** Tipo de solución nutritiva **CSN:** Concentración de solución nutritiva, **TSN*CSN=** Tipo de solución nutritiva por la interacción de concentración solución nutritiva.

Anexo 3. Análisis de varianza para la variable número de hojas (NH).

FV	GL	SC	CM	FC	P > F
TSN	1	4	4	0.235	0.628 ^{NS}
CSN	4	186.26	46.565	2.741	0.0334 *
TSN* TCN	4	50.3	12.575	0.74	0.567 ^{NS}
Error	90	1528.8	16.986		
Total	99	1769.36			

CV: 27.62392

FV= Fuente de variación, **GL**= Grados de libertad, **SC**= Suma de cuadrados, **FC**= f calculada, **P>F**= Probabilidad de F, **NS**= No Significativo, *= significativo, **CV**= Coeficiente de variación, **TSN**: Tipo de solución nutritiva **CSN**: Concentración de solución nutritiva, **TSN*CSN**= Tipo de solución nutritiva por la interacción de concentración de solución nutritiva.

Anexo 4. Análisis de varianza para la variable ganancia en altura (GA).

FV	GL	SC	CM	FC	P> F
TSN	1	119.39	119.39	4.272	0.041 *
CSN	4	362.993	90.748	3.247	0.015 *
TSN* TCN	4	151.245	37.811	1.352	0.256 ^{NS}
Error	90	2515.202	27.946		
Total	99	3148.832			

CV: 27.73419

FV= Fuente de variación, **GL**= Grados de libertad, **SC**= Suma de cuadrados, **FC**= f calculada, **P>F**= Probabilidad de F, **NS**= No Significativo, *= significativo, **CV**= Coeficiente de variación, **TSN**: Tipo de solución nutritiva **CSN**: Concentración de solución nutritiva, **TSN*CSN**= Tipo de solución nutritiva por la interacción de concentración de solución nutritiva.

Anexo 5. Cuadro de elementos nutritivos en los dos tipos de soluciones hidropónicas utilizadas.

Elemento	Vegetativa (ppm)	Reproductiva (ppm)
N	1000	500
P	100	100
K	400	400
Ca	500	500
Mg	100	100
S	1000	1000
Cu	0.5	0.5
B	5	5
Fe	10	10
Mn	5	5
Mo	0.002	0.002
Zn	1	1