UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

Evaluación del Efecto de Diferentes Sustratos en la Germinación de *Prosopis glandulosa* var.Torr. Bajo Condiciones de Invernadero.

Por:

ANDRÉS MORALES RAMÍREZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Evaluación del Efecto de Diferentes Sustratos en la Germinación de *Prosopis glandulosa* var. Torr. Bajo Condiciones de Invernadero.

Por:

ANDRÉS MORALES RAMÍREZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada:

M.C. José Armando Nájera Castro
Asesor Principal

Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga
Coasesor

Ing. Sergio Braham Sabag
Coasesor

Dr. Leobardo Bañuelos Herrera
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio de 2012

DEDICATORIA

A DIOS

Por enseñarme cada vez más que las grandes ideas se mueven con la fe y se logran con la actitud adecuada, creo que todos los que se mueven sin fe y esperanza en esta vida tienen muchos problemas, por ello la dedicación a quien colaboro en el comienzo y termino de un proyecto que parecía interminable.

A MIS ABUELOS

Serafina Alonso Astilleros (+)

Fidel Morales Alonso (+)

Por su valioso amor y comprensión en mi persona, sinceramente quisiera estuvieran conmigo en este paso de mi vida pero aun así seguirán guiándome por el camino de la luz y la paz .Con mucho amor dedico este esfuerzo a los que fueron mis padres, quienes velaron por mí y enseñaron que la humildad y solidaridad con cada uno de nuestros hermanos nos llevan a convivir en un mundo libre de odio, esperando dios los tenga en su gloria para que más adelante vayamos junto a ustedes.

A MI FAMILIA

Por haber elaborado el mejor equipo de trabajo para que un proyecto como este se haya concluido con éxito, llevando como base las reglas de la fe, perseverancia y comunicación.

Realmente no sé si los tiempos fueron o no los ideales para estudiar la universidad pero bajo presión y todos los factores se ha concluido una etapa en la que todos pusieron su granito de arroz para que llegada su hora se convierta en una cadena de favores a través del tiempo. A todos los que me apoyaron en su máximo o mínimo, espero no haberlos decepcionado, así como los que me han dado sin recibir nada a cambio espero y pienso no defraudarlos.

A MIS AMIGOS

Por haberme aceptado en su grupo de trabajo y aportar mis conocimientos teóricos y prácticos, así como aprender a navegar en un mundo lleno de buenos y malos momentos que de una forma u otra enseñan a madurar y crecer como persona.

A MI QUERIDA NOVIA

Verónica L. Velázquez Contreras

Quien a pesar de nuestras diferencias de pareja me ha comprendido, espero algún día mi vida culmine junto a la de ella y dios bendiga nuestra unión. Con todo mi cariño te digo que te quiero no solo por lo que has hecho de ti, sino por lo que estás haciendo conmigo, gracias por tocar mi corazón.

LA PARÁBOLA DEL AMOR

"Te modelare", le dijo el hacha al trozo de hierro, pero cada golpe que daba al hierro hacia que fuera perdiendo su filo, hasta que después de un rato quedo el hacha completamente obtusa. "Déjenmelo a mí", profirió el serrucho mientras le clavaba los dientes, los cuales desaparecieron minutos después.

"Yo me encargare de modelarlo", ordeno con arrogancia el martillo, mientras se burlaba de sus compañeros. Pero después de algunos golpes se le quebró el mango y se le desprendió la cabeza.

"Me permiten probar", inquirió humildemente una llama. Los tres se rieron a carcajadas, pero no se lo impidieron, porque estaban convencidos que ella también fracasaría. Pero la llamita comenzó a cubrir aquel pedazo de hierro; lo abraso y lo abraso hasta volverlo blando para darle luego la figura que quería. Aquella pequeña llama logro lo que los tres poderosos no pudieron alcanzar.

Hay corazones tan duros en este mundo que son capaces de resistir los hachazos de la ira; otros pueden afrontar los embates de la furia, del orgullo, de la malediencia; y unos cuantos toleran los martillazos del egoísmo, del odio y la mentira; pero por más duro e insensible que este el corazón de la persona, nunca podrá resistir los embates del amor, porque el amor es la fuerza más poderosa que existe en este mundo.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS PADRE

Quien me dio la oportunidad de nacer y crecer en este nuestro mundo, gracias por guiar mi vida y llevarla por el camino de la paz. Agradezco a dios el haberme permitido lograr una carrera profesional y unirme al grupo de soñadores que comenzaran una nueva vida, gracias señor por rodearme de tanta gente linda y cariñosa que solo me han brindado su apoyo y comprensión, gracias por dotarme con la mejor de las familias que solo me han ofrecido su amor, paciencia, cariño y todo lo que un ser necesita para seguir adelante.

A MIS TIOS

Simón, Gloria, Aristeo, Gabriela, Serafina, Lourdes y Emilio Morales. A mi madre biológica Consuelo Morales, gracias por haberme traído a este mundo que por razones especiales que solo dios sabe no pudimos interactuar lo suficiente. En especial quisiera agradecer a mi tía Inocenta, Fidel, Maricela y Eneyda Morales por estar más a cargo de mi atención y necesidades personales, realmente no se puedo diferenciar cuando se tiene una familia que vale oro, solo quisiera decir que a cada uno de mis tíos los amo con todo el corazón y que por motivos de redacción no se puede agrandar este espacio pero no tendré tiempo para pagarles todo lo que han hecho y logrado de mi persona.

A mi tío Tomas y esposa, mi tía Imelda, mi tío Cheforo y esposa, así como todos mis tíos no incluidos en este apartado pero que se les agradece todo su incondicional apoyo.

A MIS PRIMOS Y HERMANOS

Eduuin, Sixto, Alberto, Ericel, Hurit, Lizbeth, Magda, y todos aquellos primos con los que se pasan muchos momentos de Amistad y encuentro familiar. A Jonathan, Jarete, Francisco, Blanca y demás hermanos gracias por ser parte de mi pensamiento y formar parte de mi vida, los quiero carnales.

A MI ALMA TERRA MATER

Por haberme abierto las puertas del aprendizaje en estos cinco años de lucha y sacrificio.

Al Departamento Forestal y todo su equipo académico como Administrativo. Gracias por haberme sometido a cada uno de sus escalones educativos y haber conocido a personas tan profesionales como humanas.

Al M.C. José Armando Nájera Castro por su valiosa asesoría en el presente proyecto, gracias por su sincera amistad y solidaridad ya que como persona vale oro y como profesional es incomparable.

Al DR. Miguel Ángel Capo Arteaga, gracias por su atenta revisión del presente documento de investigación.

Al ING. Sergio Braham Sabag, por su solidario apoyo en campo para la realización del proyecto, gracias por sus facilidades y atenciones hacia mi persona.

A los Doctores Jorge Méndez González y Alejandro Zárate Lupercio quienes en su momento me tuvieron paciencia, tolerancia y comprensión para que saliera adelante.

En general gracias a todos los catedráticos del Departamento Forestal y de la UAAAN quienes hacen posible el sueño de muchos estudiantes dejando en claro que haremos todo lo posible por dejar a nuestra universidad en alto.

Gracias a mis compañeros de generación de la carrera de Ingeniero Forestal en especial a Francisco Javier López (Paco),Manuel Herrera (uzachi),Javier Ramírez (Bernarda),Bartolomé Santiago (Bart) y todos con lo que compartí días de estrés y alegrías tanto en clase como en campo, muchas gracias espero dios bendiga nuestra generación CXIII y nos premie con trabajo en abundancia.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PAGINA

ÍNDICE DE CUADROS iii
ÍNDICE DE FIGURAS iv
PÁGINA iv
RESUMEN v
I. INTRODUCCIÓN 1
1.1 Importancia del estudio 1
1.2 Planteamiento del problema 1
1.3 Objetivos 3
1.4 Hipótesis 3
II. REVISIÓN DE LITERATURA 4
2.1 Definición de sustrato 4
2.2 Tipos de sustratos en viveros e invernaderos 4
2.3 Características de los sustratos 4
2.4 Sustrato ideal 6
2.5 Aspectos generales sobre reproducción sexual 7
2.5.1 Semilla 7
2.5.2 Germinación 7
2.6 Pruebas de germinación 7
2.6.1 Energía de germinación 7
2.6.2 Porcentaje de germinación 8
2.6.3 Velocidad de germinación 8
2.7 Emergencia 8
2.8 Principales factores que afectan la germinación de la semilla y la emergencia de las plántulas 8
2.8.1 Factores internos 8
2.8.2 Factores ambientales 9
2.9 Descripción de los sustratos 10
2.10 Caracteristicas de la especie 12
2.10.1 Importancia económica, ecológica y social 12
2.11 Clasificación taxonómica de *Prosopis glandulosa* 12

2.12 Familia Fabaceae 13
2.13 Género *Prosopis* 13
2.14 Morfología de la especie 14
2.14.1 Hojas 13
2.14.2 Inflorescencia 13
2.14.3 Frutos y semillas 13
2.14.4. Tallos y raíces 14
2.15 Distribución geográfica del *Prosopis glandulosa* var. Torr. en México 14
2.16 Trabajos afines 15
III. MATERIALES Y MÉTODOS 16
3.1 Descripción del área de estudio 16
3.1.1 Localización 16
3.1.2 Altitud y suelo 16
3.1.3 Clima 16
3.1.4 Precipitación 16
3.1.5 Invernadero 17
3.1.6 Contenedor 17
3.1.7 Colecta de la semilla 17
3.1.8 Los materiales utilizados fueron: 18
3.1.9 Actividades realizadas 18
3.1.10 Riego 19
3.2 Descripción de la metodología a emplear 19
3.2.1 Diseño experimental 19
3.2.2 Modelo estadístico 19
3.2.3 Descripción de los tratamientos 20
3.2.4 Tamaño de parcela o unidad experimental 21
3.2.5 Variables evaluadas 21
3.2.6 Proceso de datos 22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 23
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 31
VI. LITERATURA CITADA 33
VII APENDICE 36

ÍNDICE DE CUADROS

PÁGINA

Cuadro 1.Distribución de los tratamientos en el invernadero----------21

Cuadro 2.Comparación de Tukey de la variable por ciento de germinación----------25

Cuadro 3.Comparación de Tukey de la variable velocidad de germinación----------29

Apéndice 1.Análisis de varianza del porciento de germinación----------36

Apéndice 2.Análisis de varianza de velocidad de germinación----------37

INDICE DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1.Distribución geográfica del *Prosopis glandulosa* var. Torr. en México ----------14

Figura 2.Representacion grafica de las semillas germinadas de los diferentes tratamientos cada 7 días----------26

Figura 3.Representación grafica del porciento de germinación de los diferentes tratamientos----------27

Figura 4.Representación grafica de la velocidad de germinación general de los diferentes tratamientos----------30

RESUMEN

Con el propósito de generar información de apoyo a la producción forestal en México, se realizó el presente experimento en la especie *Prosopis glandulosa* var. Torr. el cual se estableció con el propósito de comparar diferentes sustratos para mejorar la germinación del mezquite y fue desarrollado en las instalaciones del invernadero forestal de la UAAAN en Saltillo, Coahuila.

Se establecieron 18 unidades experimentales con 100 semillas evaluadas en cada una de ellas, para comparar las diferencias germinativas entre los 6 tratamientos durante 30 días a partir de la siembra.Las variables de porcentaje y velocidad de germinación fueron analizados por medio del programa SAS (Statistical Analysis System) y mediante la prueba de comparación de medias de Tukey.

El tratamiento que obtuvo el mejor porcentaje de germinación durante los 30 días del experimento fue el número 6 el cual tuvo los componentes de tierra de monte al 35%, lombricomposta al 35% y arena al 30% y presentó una media de 68% de semillas germinadas; en lo referente a la velocidad de germinación el tratamiento 6 presentó el mayor índice de velocidad con 12.52 de velocidad media germinativa.

Palabras claves: Mezquite, Prueba de germinación, semilla, sustrato.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia del estudio

La propagación de plantas consiste en efectuar su multiplicación por medios tanto sexuales como asexuales. La reproducción sexual es la forma básica mediante la cual las plantas mantienen sus poblaciones, se adaptan a las condiciones variables del medio ambiente y persisten a través del tiempo (Ruano, 2003).

Aunque en nuestro país existen pocas evidencias prácticas del cultivo del mezquite, principalmente por la ausencia de plantaciones comerciales de esta especie, se han realizado diversos estudios acerca de la propagación inducida de mezquite y su manejo agronómico. En otros países, en cambio, el mezquite se ha convertido en un cultivo de uso múltiple para las zonas áridas y semiáridas (INE, 2007).

Las practicas de producción y manejo de las plantas forestales, en invernaderos, tienen una gran ventaja para adquirir las características morfológicas y fisiológicas encontradas, ya que tiene un rápido desarrollo inicial y se trata de similar al ambiente donde se hará la plantación (Sandoval *et al.*, 2001).

1.2 Planteamiento del problema

Actualmente el mezquite existe con menor abundancia, y no puede hablarse ya de mezquiteras o mezquitales, sino más bien de comunidades con mezquites, debido tal vez a que se ha utilizado en forma irracional, por lo que casi se ha acabado en algunos lugares, lo cual ha ocasionado que el suelo se erosione (Gómez *et al.,* 1970).

La actividad forestal en México ha cambiado en los últimos años, entre otras cosas por el mayor énfasis hacia la restauración de ecosistemas forestales. La reforestación con diversos fines ha tendido a incrementarse significativamente en México en los últimos años. Antes de 1992 no se llegaba a los 100 millones de árboles plantados anualmente y hasta 1997 se superaron los 200 millones (Rodríguez, 2008).

Para abastecer la necesidad de planta, se han establecido muchos viveros, una parte de ellos con alta tecnología, y se sigue aprendiendo como producir las especies nacionales en los mismos, si bien esto se está consiguiendo rápidamente. En México existe poca investigación en esta dirección, de hecho la selección con base en calidad de planta en la mayoría de los viveros es también escasa, y en algunos de ellos, particularmente los mas tecnificados, existen estándares de calidad, pero hacia el año 2003, no todos habían hecho labor de comprobación en campo (Rodríguez, 2008).

El empleo de diversas técnicas de producción vegetal permite desarrollar y obtener mejores resultados con respecto a lo tradicional; en su caso, los residuos de materias primas utilizados en la preparación de sustratos han logrado obtener mejores resultados de germinación en la producción de planta, las cuales han permitido a diferentes productores mejorar la calidad en planta y obtener sus beneficios económicos a un plazo menor a como se estimula con los sustratos tradicionalmente usados en viveros o invernaderos.

El presente experimento nació por el interés de realizar pruebas con diferentes sustratos, con la finalidad de obtener técnicas de mejora que aceleren la producción vegetal en un menor tiempo posible con base al uso de los desechos orgánicos, los cuales pueden ser obtenidos de cosechas agrícolas así como de industrias maderables forestales.

1.3 Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la germinación de *Prosopis glandulosa* var. Torr. en diferentes sustratos bajo condiciones de invernadero.

Objetivos específicos

- Obtener la mezcla óptima del sustrato alternativo que produzca el mayor porcentaje y de germinación en comparación con los sustratos tradicionales.
- Obtener un registro diferencial en velocidad de germinación entre las diferentes mezclas de aplicación.
- Generar información sobre la aplicación de sustratos a base de residuos de materias primas con el propósito de mitigar los efectos de extracción en bosques, montes o selvas.

1.4 Hipótesis

Ho: No existen diferencias de porcentaje y velocidad de germinación entre los diferentes tratamientos aplicados.

Ha: Al menos un tratamiento presenta diferencias de porcentaje y velocidad de germinación con base a los sustratos tradicionales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Definición de sustrato

Colli (2005), dice que los sustratos son aquellos materiales distintos de los suelos naturales que se utilizan para el cultivo de plantas. Sin embargo, Pastor (2000) dice que el término “sustrato”, que se aplica en la producción viverística, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que es colocado en un contenedor, en forma pura o mezclada y permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radicular.

2.2 Tipos de sustratos en viveros e invernaderos

Según Colli (2005) existen tres tipos de sustratos, como son:

a) Sustratos para producción viverística: dentro de este grupo se diferencian los sustratos para planta de interior y de temporada y los sustratos para planta de exterior.

b) Sustratos para multiplicación: estos difieren poco según los cultivos y técnicas empleadas. Es previsible que se empiecen a diferenciar diversas tipologías de sustratos, para semillero, para enraizamiento de esquejes y para especies forestales.

c) Sustratos para hidroponía: en hidroponía, la capacidad de intercambio catiónico deja de ser importante ya que el sustrato no necesita tener reserva de nutrientes.

2.3 Características de los sustratos

De acuerdo con Pastor (2000) las características de los sustratos pueden ser:

a) Físicas

Estas vienen determinadas por la estructura interna de las partículas, su granulometría y el tipo de empaquetamiento. Algunas de las más destacadas son:

- Densidad real y aparente
- Distribución granulométrica
- Porosidad y aireación
- Retención de agua
- Permeabilidad
- Distribución de tamaños de poros
- Estabilidad estructural

b) Químicas

Estas propiedades vienen definidas por la composición elemental de los materiales; éstas caracterizan las transferencias de materia entre el sustrato y la solución del mismo. Entre las características químicas de los sustratos destacan:

- Capacidad de intercambio catiónico
- pH
- Contenido de nutrimentos
- Relación C/N

c) Características biológicas

Se refiere a las propiedades dadas por los materiales orgánicos; cuando éstos no son de síntesis son inestables termodinámicamente y, por lo tanto, susceptibles de degradación mediante reacciones químicas de hidrólisis, o bien, por la acción de microorganismos.

Entre las características biológicas destacan:

- Contenido de materia orgánica
- Estado y velocidad de descomposición

Harmann y Kester (1989) mencionan que el sustrato de germinación debe tener las siguientes características:

- El medio debe retener suficiente humedad para no regarlo con demasiada frecuencia
- Debe ser suficientemente poroso, de manera que escurra el agua excesiva permitiendo una aireación adecuada
- Estar libre de patógenos, nemátodos y semillas de malezas
- Proporcionar una provisión adecuada de nutrientes

2.4 Sustrato ideal

Venator y Liegel (1985) citado por Gaytán (2001), mencionan que un medio de cultivo adecuado proporciona firmeza, nutrimentos y humedad en beneficio para las plantas. Por su manipulación el sustrato debe ser ligero, fácil de manejar, que mantenga un volumen constante de humedad o sequedad, que se vea libre de plagas, que soporte almacenamientos rápidos durante largos periodos sin cambios en las propiedades físicas y químicas, y que puedan mezclarse fácilmente.

Para Pastor (2000), el sustrato adecuado para cada caso concreto dependerá de numerosos factores: tipo de planta que se produce, fase del proceso productivo en el que se interviene (semillado, estaquillado, crecimiento, etc.), condiciones climatológicas, y lo que es fundamental, el manejo de ese sustrato.

El mismo autor indica que puede hacerse referencia a los requerimientos que un sustrato debe tener, como son:

- Elevada capacidad de retención de agua fácilmente disponible
- Elevada aireación
- Baja densidad aparente
- Elevada porosidad
- Baja salinidad
- Baja velocidad de descomposición
- Estabilidad estructural

- Reproductividad y disponibilidad
- Bajo costo
- Fácil manejo (mezclado, desinfección, etc.)

2.5 Aspectos generales sobre reproducción sexual

2.5.1 Semilla

Mesa (1965) menciona que la semilla es el producto de la fecundación del óvulo en el ovario de la flor por parte del polen procedente de las anteras o sacos polínicos ubicados en el mismo árbol o en otro adyacente.

Padilla (1987) define la semilla como el ovulo fecundado, transformado, y maduro de las plantas fanerógamas, asimismo, es la parte de estos vegetales que tienen como función reproducir y perpetuar la especie.

2.5.2 Germinación

Gutiérrez *et al.* (1983) definen a la germinación como el proceso inicial de desarrollo o crecimiento de las plantas. Sin embargo, Padilla (1987) define a la germinación como la reanudación del crecimiento del embrión, el cual durante un determinado tiempo había permanecido latente.

2.6 Pruebas de germinación

2.6.1 Energía de germinación

Ford – Robertson (1971) citado por FAO (1991), define la energía de germinación como el porcentaje, en número de semillas de una muestra determinada que germinan dentro de un periodo determinado (denominado periodo de energía) el cual puede ser en óptimas o determinadas condiciones. Por otro lado Bonner et al. (1994) mencionan que es la proporción de germinación que ha ocurrido hasta el tiempo de germinación máxima o algún punto preseleccionado.

2.6.2 Porcentaje de germinación

Bonner et al. (1994) definen el porcentaje de germinación como la proporción de una muestra de semillas que ha germinado normalmente en un periodo especificado de prueba.

2.6.3 Velocidad de germinación

Es aquella que se expresa en forma de valor máxima que es la germinación diaria media máxima (porcentaje acumulado de germinación de semilla llena dividido por el número de días transcurridos desde la fecha de siembra) que se alcanza en cualquier momento del periodo del experimento (FAO, 1991).

2.7 Emergencia

Krugman (1974) señala que la emergencia es el siguiente paso después de la germinación que la plántula realiza al romper la superficie o sustrato. La emergencia es la etapa en la que la planta después de haber germinado, comienza a desarrollar las hojas embrionarias las cuales se alargan y se hinchan con la humedad (Chávez, 1994).

2.8 Principales factores que afectan la germinación de la semilla y la emergencia de las plántulas

2.8.1 Factores internos

a) Latencia

Existen diferentes factores inertes de la semilla que afectan su germinación. La latencia es un factor que impide a las semillas germinar hasta que las condiciones que las rodean sean las más favorables (Gaytán, 2001).

b) Viabilidad

Hartmann y Kester (1989) mencionan que la viabilidad es una característica fisiológica de la semilla mediante la cual es potencialmente capaz de germinar. Esta cualidad se ve influida por factores que actúan antes y después de la maduración de las semillas. Todas las semillas pasan por un período en el cual su viabilidad

permanece más o menos constante, aunque con la tendencia natural a disminuir; una vez superado este período, el envejecimiento se acelera hasta que la semilla pierde su capacidad de germinar.

2.8.2 Factores ambientales

a) Agua

Niembro (1986) dice que la proporción de agua que requieren algunas semillas para germinar varían de acuerdo a la especie; de manera general, un suelo o sustrato que contenga en promedio un 40 por ciento de humedad es adecuado para que germinen la mayoría de las semillas; un exceso de humedad en el sustrato puede ocasionar que la mayoría de las semillas no germinen a causa del escaso oxigeno, que es importante en este proceso fisiológico.

b) Espacio poroso total

Es el volumen total del sustrato de cultivo que no está ocupado por partículas orgánicas o minerales. Es un dato que se determina a partir de las densidades real y aparente (Pastor, 2000).

c) Capacidad de aireación

Se refiere a la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después que dicho sustrato ha sido llevado a saturación y dejado drenar (Pastor, 2000).

d) Luz

Krugman y Jenkinson (1974) mencionan que el efecto de la luz sobre las semillas depende de condiciones internas de éstas y de algunos factores externos como la temperatura bajo la cual germinan.

e) Temperatura

Hartman y Kester (1989), mencionan que las semillas pueden ser afectadas por las temperaturas máximas o mínimas (periodos estacionales), o también por influencias diarias, siendo más consecuentemente estas últimas.

2.9 Descripción de los sustratos

Gutiérrez *et al.* (1983) describen los siguientes tipos de sustratos de la siguiente manera:

a) Arena: formación rocosa de estructura floja y finamente fragmentada debido a la acumulación no consolidada de sedimentos detríticos, consistentes en granos sueltos redondos o puntiagudos de diferentes minerales (cuarzo, feldespato, etc.); la magnitud de los granos oscila entre 2 y 0.02 mm. Por su procedencia, las arenas representan productos de destrucción, acarreo y sedimentación de rocas preexistentes.

b) Aserrín: partículas polvosas que resultan del proceso de asierre de la madera.

c) Gallinaza**:** excremento de las aves de corral que se utiliza como abono; contiene nitrógeno, fósforo y potasio; este guano pierde gran parte de su valor nutritivo si no se le conserva convenientemente.

d) Turba: material de suelo no consolidado consistente en su mayor parte en materia orgánica no descompuesta o ligeramente descompuesta, acumulada en condiciones de excesiva humedad. Materia vegetal escasamente descompuesta, acumulada en el agua.

Resh (1987) describe otros tres sustratos de la siguiente forma:

a) Perlita: material silíceo de origen volcánico, extraído de los ríos de lava. El mineral recién sacado se muele y cierne calentándolos en hornos a unos 1400 °F, temperatura a la cual se evapora el poco contenido de agua en las partículas. Las altas temperaturas en el proceso dan un material estéril. La perlita absorbe de tres a cuatro veces su peso en agua, siendo esencialmente neutra con un pH de 6.0 a 8.0, aunque

sin capacidad tampón, a diferencia de la vermiculita, no tiene capacidad de intercambio iónico y no contiene nutrientes minerales. Es más útil para incrementar la aireación de las mezclas, ya que tiene una estructura muy rígida que, mientras dura, da lugar a que el tamaño de las partículas vaya disminuyendo conforme estas se parten con el uso.

b) Vermiculita: mineral con la estructura de la mica, y se prepara expandido por calor en hornos a temperaturas cercanas a los 2000 °F; el agua se convierte en vapor, separándose los estratos y formando trozos pequeños y porosos como esponjas, con la forma de una semilla. El calentamiento a tales temperaturas da lugar a una esterilización perfecta. Al expandirse toma un peso muy ligero con reacción neutra y buenas propiedades tampón, siendo insoluble en agua, si bien es capaz de absorber grandes cantidades de esta. Tiene una capacidad de intercambio de cationes relativamente alta y, por tanto, puede retener nutrientes en reserva e irlos cediendo posteriormente. Sus contenidos en magnesio y potasio, aunque bajos, son fácilmente disponibles para las plantas.

c) Osmocote: fertilizante que libera lentamente los nutrientes conforme los vayan necesitando las plántulas; el Osmocote 8-6-12 suministra una fuente continua de nitrógeno, fosforo y potasio durante el periodo de cultivo. El FTE 503 aporta lentamente hierro, manganeso, cobre, zinc, boro y molibdeno.

Por otro lado, Bures (1997) describe otro tipo de sustrato de la siguiente manera:

a) Tierra de bosque: está formado por restos de hojas, raíces, ramas y pequeños troncos, plantas herbáceas, helechos y musgos; estos restos pertenecen a diversas especies, dependiendo del tipo de bosque de donde proceda el material.

Gaytán (2001) menciona que los suelos forestales contienen una gran cantidad de sustancias orgánicas y minerales, disponibles como fuentes de energía. Además, contiene en sí mismo el ambiente físico adecuado para sostener toda serie de poblaciones vegetales.

2.10 Características de la especie

2.10.1 Importancia económica, ecológica y social

Meza y Osuna (2003) mencionan que la importancia económica de esta especie se debe a que su madera es fuerte y durable, buena para la fabricación de muebles, pisos y artesanías, y excelente como leña y carbón; los mezquites son fuente de forraje y apoyo en las explotaciones apícolas; además, la planta excreta una goma de uso medicinal e industrial.

La importancia ecológica radica en que los mezquitales son importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas; son el hábitat para una buena cantidad de fauna silvestre y mejoran la estética del paisaje.

Gaytán (2001) dice que la importancia social que representa esta especie radica en la generación alternativa de fuentes de trabajo para los campesinos que viven en las zonas aledañas a las partes bajas de las montañas donde se distribuye la especie, asimismo proporciona materia prima (leña) para ser usada como fuente dendroenergética.

2.11 Clasificación taxonómica de *Prosopis glandulosa* (CONAFOR, 2011)

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Prosopis*

Especie: *glandulosa,* var.Torr.

2.12 Familia Fabaceae

Las fabáceas (Fabaceae) o leguminosas, son una familia de árboles, arbustos y hierbas perennes, fácilmente reconocibles por su fruto legumbre y sus hojas compuestas y estipuladas. Es una familia de distribución cosmopolita con aproximadamente 730 géneros y unas 19,400 especies (Lewis *et al.,* 2005).

2.13 Género *Prosopis*

Prosopis es un género de cerca de 45 especies de árboles y arbustos; son leguminosas espinosas, de regiones subtropicales y tropicales de América, África y suroeste de Asia. Prosperan en suelo árido y resisten sequías, desarrollando sistemas radiculares extremadamente profundos (Osasuna y Meza, 2007).

2.14 Morfología de la especie

2.14.1 Hojas

Las hojas son glabras y tienen uno o dos pares de pinnas de 6 a 17 cm de largo que llevan 6 a 17 pares de folíolos cada una .El largo de los foliolos es de 5 a 12 veces su ancho, en la mayoría de 1 a 4 cm de largo. Están separados a lo largo del raquis a distancias iguales o mayores de su ancho, y ellos son lineares u oblongos, obtusiformes y con una notable nervadura inferior (CONAZA, 1994).

2.14.2 Inflorescencia

La inflorescencia es un racimo espigado de casi 5 a 14 cm de largo de color amarillo verdoso; las flores son sumamente pequeñas, miden de 4 a 10 mm. Son bisexuales, actinoformas, con 5 sépalos y 5 pétalos (CONAZA, 1994).

2.14.3 Frutos y semillas

La vaina es linear y aplanada, mide de 10 a 25 cm de longitud y de 1 a 1.5 cm de ancho y 0.5 cm de espesor, de color paja cuando maduran; es derecha o algo

curvada; las vainas contienen 5 a 18 semillas ovaladas, pardo lucientes de 5 mm de ancho, 7 mm de largo y 2 mm de espesor (Osasuna y Meza, 2007).

2.14.4. Tallos y raíces

Los individuos mayores que crecen en rodales abiertos pueden alcanzar alturas de 7 a 13 m. En rodales densos y sobre sitios arenosos se convierte en un arbusto con varios tallos. Las espinas son axilares de 1 a 4.5 cm de largo; se encuentran a veces en pares, pero por lo común son solitarias. Algunos individuos tienen muy pocas espinas y generalmente un sistema radicular profundo (Osasuna y Meza, 2007).

2.15 Distribución geográfica del *Prosopis glandulosa* var. Torr., en México

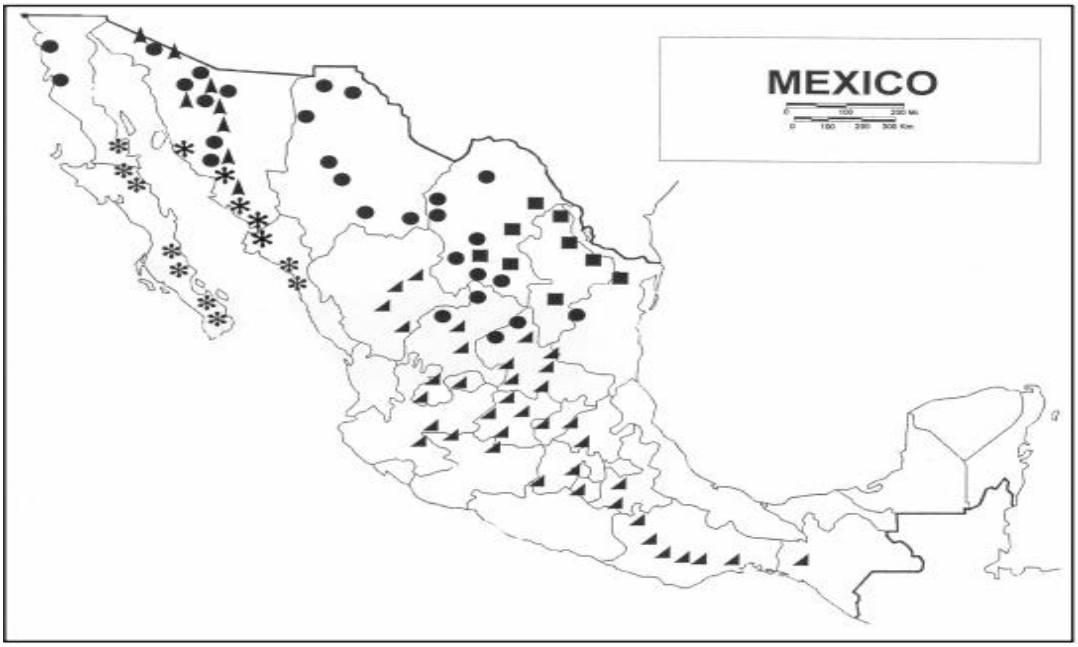

Figura 1. Distribución geográfica de *Prosopis glandulosa* (Palacios, 2006)

Los Estados de la Republica que se distinguen por su producción forestal de mezquite son: Sonora, San Luis Potosí, Tamaulipas, Guanajuato, Zacatecas, Durango, Coahuila y Nuevo León, puesto que en ellos, el valor de la misma representa el 97.9% del total, correspondiendo el 2.1% restante a los Estados de Oaxaca, Sinaloa, Jalisco,

Chihuahua, territorio de Baja California Norte, Querétaro, Aguascalientes y estado de Baja California Sur (Gómez *et al.,* 1970) (Figura 1).

2.16 Trabajos afines

Gaytán (2001) llevó a cabo una prueba de germinación de *Pinus cembroides* var. Zucc en ocho sustratos diferentes en el predio particular denominado “San Alberto”, aledaño al ejido Derramadero, municipio de Saltillo, Coahuila.

En la presente investigación con base a los resultados obtenidos de las 5 evaluaciones de velocidad de germinación, se concluye que, la hipótesis nula planteada es aceptada, ya que el tratamiento en base a cisco de carbón promovió la germinación de igual forma que el sustrato comercial, además que los restantes sustratos evaluados promovieron la geminación de diferente forma.

Martínez (2007) llevó a cabo la evaluación del efecto de diferentes sustratos en la germinación, sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Pinus greggii* Engelmann, bajo condiciones de invernadero en una nave del invernadero perteneciente al Departamento de Forestal, el cual se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo, Coahuila.

En la presente investigación, con base a los resultados obtenidos en los porcentajes de la germinación, la longitud final del tallo, en el diámetro de la plántula, en la longitud de la raíz y en la mortalidad, se concluye que, el tratamiento compuesto por turba (perlita, vermiculita y peat moss), contiene una buena aportacion, tanto de nutrientes como de requerimientos físico-químicos, además de servir como un buen soporte para la plántula.

Pastor (2000) investiga y propone las mejores alternativas viables para la producción de cultivos acorde al sistema de producción seleccionado (hidropónica o viverística).El mismo autor llegó a la conclusión de que la selección de un sustrato en la explotación viverística es un trabajo conjunto entre investigadores y productores agrícolas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Localización

El presente experimento se llevo a cabo en el invernadero perteneciente al Departamento de Forestal, el cual se encuentra ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, cuyas coordenadas geográficas son 25º 21´ 10'' de latitud norte y 101º 01´ 38 '' de longitud oeste(Martínez, 2007).

3.1.2 Altitud y suelo

Comprende un área irregular situada en un valle formado entre la Sierra de Zapalinamé y la Sierra Cuchilla de Calabacita, a una altitud de 1754 m.s.n.m. Todo el valle tiene un suelo de tipo rendzina y castañozem de origen aluvial, variando de somero a profundo y con afloraciones de roca caliza y lutitas (Lara, 1996).

3.1.3 Clima

El clima es seco y templado con lluvias en verano principalmente, la temperatura media anual es de 17.8 °C, siendo los meses más cálidos junio, julio y agosto (con temperatura máxima de hasta 38 °C). Durante enero y febrero se registran las temperaturas más bajas de hasta -10.4 °C con heladas regulares en el periodo de diciembre a febrero (Lara, 1996).

3.1.4 Precipitación

La precipitación media anual es de 490 mm. y los meses más lluviosos son julio, agosto y septiembre; lo anterior da como resultado un 64% de humedad relativa media anual que se distribuye desigualmente; el verano es la estación con mayor humedad relativa y las estaciones de invierno y primavera de mayor sequia (Lara,1996).

3.1.5 Invernadero

Los invernaderos son parte de un vivero, con funciones muy importantes como pueden ser la parte esencial de las condiciones climatológicas y la otra es la de aumentar la producción. También permiten un mayor control de producción; en forma general, son estructuras independientes, cubiertos con techos de dos caídas de agua, están diseñados para que el espacio se utilice en forma adecuada. La ventilación es algo necesario dentro de estos, como una ayuda para controlar la temperatura y la humedad dentro del invernadero. Está conformado por una estructura cuadrada de lámina galvanizada, con paredes y techos de láminas de policarbonato de dos capas, contiene un sistema de riego por aspersión aéreo y semirobotizado, mediante el cual se puede fertilizar y fumigar. La programación de la temperatura se establece en dos temporadas; la primera temporada es de primavera y verano con una temperatura interior promedio de 26 ° C y en la noche a 22° C la segunda temporada que es otoño e invierno, con 22°C en el día y en la noche a 18°C, como temperatura interior de la nave (Martínez, 2007).

3.1.6 Contenedor

Es un envase o recipiente, el cual contiene perforaciones en la parte inferior para un mejor drenaje, éstos son útiles para que germinen las semillas, ya que permiten que la raíz tenga movimiento y un mejor desarrollo, también le proporciona a la planta un medio de crecimiento, además el envase facilita el contacto del sistema radicular con el agua, nutrientes minerales y le sirve de soporte o anclaje a la plántula; el contenedor ideal es aquel que permite producir plantas de la mejor calidad; pero es necesario tener en cuenta que un sustrato puede tener diferentes resultados según el tipo, tamaño y forma del contenedor (Martinez,2007).

3.1.7 Colecta de la semilla

La semilla estuvo preparada y desinfectada en bodega, ya que el responsable del invernadero proporcionó el material germinativo, así mismo se mantuvo bajo

cuidado en cámara fría hasta el día de su uso para evitar que agentes patógenos afectaran el embrión de la misma.

3.1.8 Los materiales utilizados fueron:

- 36 charolas de 60 cavidades c/u
- Semillas de *Prosopis glandulosa* var.Torr.
- Etiquetas, marcadores, libreta y formato de datos
- Detergente en polvo
- Tambo de 200 Litros
- Blanqueador liquido
- Herramientas manuales (carretilla, mezcladora, palas y cribadora)
- Guantes y cepillo tallador
- Cascara de nuez
- Heno motita
- Tierra de monte
- Composta de estiércol
- Arena
- Limo
- Mezcla base (peat moss, vermiculita, perlita y osmocote)

3.1.9 Actividades realizadas

El heno motita y tierra de monte se colectaron en el ejido Cuauhtémoc del municipio de saltillo, Coah.10 días antes de la siembra, el resto de los sustratos naturales fueron reunidos dentro del área de la UAAAN. Los sustratos comerciales fueron comprados con anticipación 5 días antes de la siembra.

Las diferentes mezclas fueron hechas el 27 de enero del 2012 fecha en que se llevo a cabo la siembra. Al término del proceso de escarificación de la semilla en agua caliente, se realizó el llenado de las charolas a una profundidad de siembra de dos veces el tamaño de la semilla cubriendo cada cavidad hasta el final de la siembra.

Al término de la siembra se inspeccionaron las condiciones de riego y temperatura para que estuvieran en perfectas condiciones para el proceso de germinación, así mismo se tomaron datos de fechado a partir de la primera semilla germinada hasta su último día de toma de datos. Las charolas tratadas fueron 36 con 50 semillas validas en cada charola, siendo ordenadas en orden aleatorio sobre las rejillas correspondientes con su etiquetado en cada una de las unidades experimentales y a partir de la aparición de la primera plántula, comenzar a tomar datos en porcentaje, velocidad, mortalidad y sobrevivencia de cada unidad experimental para que al final de la toma de datos se realizara la interpretación y obtener resultados estadísticos de acuerdo al experimento del proyecto.

3.1.10 Riego

De acuerdo al programa de riego en el invernadero, el riego fue aplicado cada tercer día a partir de la siembra, con la supervisión diaria en el transcurso del experimento.

3.2 Descripción de la metodología a emplear

3.2.1 Diseño experimental

Para el presente experimento se utilizó un diseño completamente al azar el cual consistió en seis tratamientos con tres repeticiones.

3.2.2 Modelo estadístico

El modelo estadístico empleado es el siguiente:

$$Yij = \mu + \tau i + \sum ij$$

Donde: Y*ij* = parámetro observado en las diferentes variables observadas

i = 1, 2, 3,……., t (numero de tratamientos).

j = 1, 2, 3,……., r (número de repeticiones).

μ = es el efecto medio de la población.

τ*ij* = es el efecto del *i*-ésimo tratamiento.

E*ij* = es error del efecto de la *j*-ésima unidad experimental sujeta al *i*-ésimo tratamiento.

3.2.3 Descripción de los tratamientos

Los tratamientos formulados para este experimento se mencionan a continuación:

Tratamiento 1

Peat moss (33.3 %) + vermiculita (33.3 %) + perlita (33.3 %) + 1,500 grs de osmocote

Tratamiento 2

Tierra de monte (50 %) + arena (25 %) + limo (25 %)

Tratamiento 3

Cascara de nuez (50 %) + arena (30 %) + heno motita (20%) + 1,500grs de osmocote

Tratamiento 4

Heno motita (25 %) + limo (50 %) + tierra de monte (25%) + 1,500 grs de osmocote

Tratamiento 5

Lombricomposta (50 %) + arena (25 %) + limo (25 %)

Tratamiento 6

Tierra de monte (35 %) + lombricomposta (35 %) + arena (30 %)

3.2.4 Tamaño de parcela o unidad experimental

Para este experimento se utilizaron 120 semillas de *Prosopis glandulosa* Torr. por unidad experimental tomando en cuenta solo 100 de las 120 para la toma de datos; se utilizaron 18 unidades experimentales, lo que permitió presentar un rango mayor de confiabilidad en los resultados obtenidos.

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos en el invernadero

T1R3	T5R3	T5R1	T2R1	T1R2	T4R3
T2R3	T3R2	T4R1	T1R1	T4R2	T2R2
T6R1	T3R3	T3R1	T5R2	T6R2	T6R3

3.2.5 Variables evaluadas

Las variables evaluadas fueron:

a) Porcentaje de germinación

Para obtener la presente variable se tomó el número total de semillas germinadas multiplicándolo por 100 y dividiéndolo entre el número total de semillas sembradas. De la misma manera fue el proceso para los diferentes tratamientos que fueron agrupados en cuatro fechas a intervalos de 7 días hasta cumplir los 30 días de la toma de datos.

La fórmula para el porcentaje de germinación es la siguiente:

$$P = \frac{\mathrm{Di}*100}{\mathrm{I}}$$ donde: P= % de germinación

Di = numero de semillas germinadas

I = total de semillas tratadas

100 = % equivalente a semillas germinadas totales

b) Velocidad de germinación

Para la variable velocidad de germinación se tomó el porcentaje de germinación total diaria media máxima y dividida entre el número de días transcurridos desde la fecha de siembra.

López (2008), sugiere la siguiente fórmula la cual incluye las siguientes variables:

$$\text{IVG}= \frac{\sum(Di-Dj)}{i}$$

Donde:

- IVG=indice de velocidad de germinacion
- Di=numero de semillas germinadas en el dia
- Dj=numero de semillas germinadas en el conteo anterior al día de conteo
- i =numero de dias al momento del conteo desde la siembra

3.2.6 Proceso de datos

El análisis de las variables evaluadas se realizó con el programa estadístico SAS (Statistical Analysis System), consistió en el análisis de varianza y por medio de la prueba de Tukey se estableció la igualdad o diferencia estadística entre tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De a cuerdo a los resultados obtenidos y con la finalidad de mostrar con claridad el desarrollo del presente experimento, mostraremos lo siguiente:

Porcentaje de germinación

De acuerdo a los resultados del análisis de varianza para la variable porcentaje de germinación se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos con una alta significancia de P > F=0.0001; el ANVA se realizó de acuerdo a las diferentes fechas de evaluación (Apéndice 1).

Las pruebas de separación de medias de Tukey indicaron que hay diferencia significativa entre los diferentes tratamientos. En base a los datos estadísticos, las dos primeras fechas indican una clara diferencia, mientras que la fecha tres y cuatro no muestra significancia (Cuadro 2).Las letras diferentes en cada tratamiento y fecha indicada muestran que hay diferencias estadísticamente.

Fecha 1 (2 al 9 de febrero del 2012)

En los porcentajes de germinación de la primera fecha se pudo observar que hubo clara diferencia germinativa. Por ejemplo, el tratamiento con mayor germinación obtuvo 45.66% de semillas germinadas (Tratamiento 6); el segundo grupo que fue el tratamiento 5 y 2 con 21.66 y 20.66% de semillas germinadas respectivamente; el tercer grupo y de menor germinación fueron los tratamientos 1, 3 y 4 con 7.00, 5.33 y 5.00% de semillas germinadas (Cuadro 2).

Para esta primera fecha los resultados muestran que el sustrato con mayor potencial para germinar la especie de *Prosopis glandulosa* fue el tratamiento 6,el cual fue la combinación de la tierra de monte al 35%, lombricomposta al 35% y arena al 30%,mientras que el tratamiento 5 (lombricomposta 50% + arena 25% + limo 25%) y el tratamiento 2 (tierra de monte 50% + arena de rio 25% + limo 25%)mostraron un descenso en su germinación en base al tratamiento 6. Los tratamientos 1, 3 y 4 mostraron resultados inaceptables de potencial germinativo muy debajo de lo esperado.

Fecha 2 (10 al 16 de febrero del 2012)

En esta segunda fecha de resultados, el Tratamiento 6 con los componentes antes mencionados fue el de mayor germinación con un 19.33% de semillas germinadas; le siguió el tratamiento 5 con un total de 6.66% semillas germinadas y por último los tratamientos 2, 1,3 y 4 con un rango de germinación entre 2.33 y 1.00% de semillas germinadas (Cuadro 2).

De la misma manera como en la fecha 1, el Tratamiento 6 fue el de mayor germinación en esta fecha, seguido por el tratamiento 5. Por último, los tratamientos 2, 1, 3 y 4 fueron los más ineficientes para lograr una buena germinación, ya que presentaron un rango de entre 2.33 y 1.00% de semillas germinadas.

Fecha 3 (17 al 23 de febrero del 2012)

Para esta tercera fecha los resultados y porcentajes de germinación se fueron neutralizando llegando a ser insignificantes en los seis tratamientos. Los resultados mostraron porcentajes como 2.33 en el tratamiento 6; 4.33% de semillas germinadas en el tratamiento 5 y de 1.33% de semillas germinadas hasta 0.66% de semillas germinadas de los tratamientos 2, 1,3 y 4 respectivamente (Cuadro 2).

Con estos resultados se muestra que la mayor germinación se llevo a cabo en los primeros 15 días de toma de datos, así de la misma manera se observa que los tratamientos con mayor porcentaje germinativo como lo es el 6 y el 5 descienden y empatan su potencial junto a los demás tratamientos con poco o nulo potencial germinativo. En esta fecha se muestra que el tratamiento 3 queda totalmente sin germinación, en cambio el tratamiento 5 muestra un 4.33 semillas germinadas a un 2.33 del tratamiento 6 respectivamente.

Fecha 4 (de febrero 24 al 02 de marzo del 2012)

En la presente fecha se obtuvieron resultados de muy baja germinación, ya que el tratamiento 6 obtuvo 0.66 semillas germinadas, así mismo el tratamiento 5 con 1.66 semillas germinadas y los tratamientos 2, 1,3 y 4 con un mínimo de 0.33, 0.33, 0.00 y

0.33 semillas germinadas respectivamente, teniendo letras iguales que indican que no son diferentes estadísticamente (Cuadro 2).

Cuadro 2. Comparación de Tukey de la variable porciento de germinación

TRATAMIENTOS	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA 4
6	45.667 A	19.333 A	2.333 A	0.6667 A
5	21.667 B	6.667 B	4.333 A	1.6667 A
2	20.667 B	2.333 B	1.333 A	0.3333 A
1	7.000 B	2.333 B	0.333 A	0.3333 A
3	5.333 B	1.000 B	0.000 A	0.0000 A
4	5.000 B	1.000 B	0.667 A	0.3333 A

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

Para esta etapa no existe diferencias de germinación en los sustratos, los tratamientos que habían tenido mayor resultado se balancearon con los que tuvieron poca o nula germinación. De la misma manera, en esta última fecha se dice que no hay variaciones o diferencias estadísticas.

Al observar la Figura 2, el tratamiento 6 muestra una clara diferencia germinativa en base al resto de los tratamientos, siendo los tratamientos 5 y 2 los más similares en los resultados. En los tratamientos 1, 3 y 4 se obtienen resultados insatisfactorios; el tratamiento o sustrato más efectivo del experimento fue el compuesto por tierra de monte al 35%, lombricomposta al 35% y arena al 30%, seguido por el tratamiento 5 compuesto de arena, limo y lombricomposta.

En la Figura 3 se puede observar con clara precisión como el Tratamiento 6 fue el más efectivo en sus primeros 15 días del proceso con una media del 68% de germinación, seguido por el Tratamiento 5 con una media de 34.3%, así como por el Tratamiento 2 con una media del 24.6% y por último los Tratamientos 1, 4 y 3 los cuales registraron una media del 10,7 y 6.3 % respectivamente.

El comportamiento del sustrato comercial (testigo) se comporto de una manera similar a la mayoría de los Tratamientos, solo se diferencio notoriamente en comparación con el Tratamiento 6 quien obtuvo mejores porcentajes germinativos que los demás.

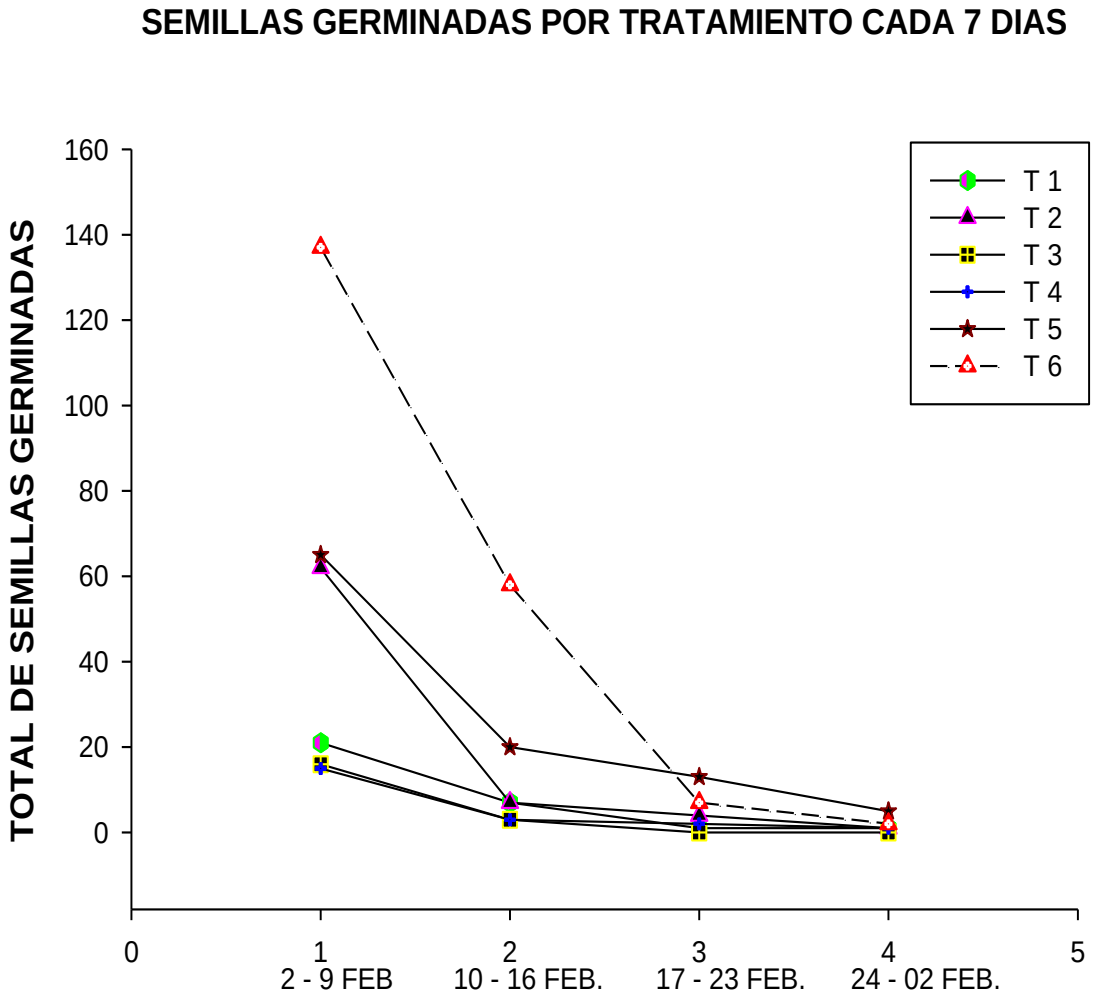

Figura 2.Semillas germinadas de los diferentes tratamientos cada 7 días

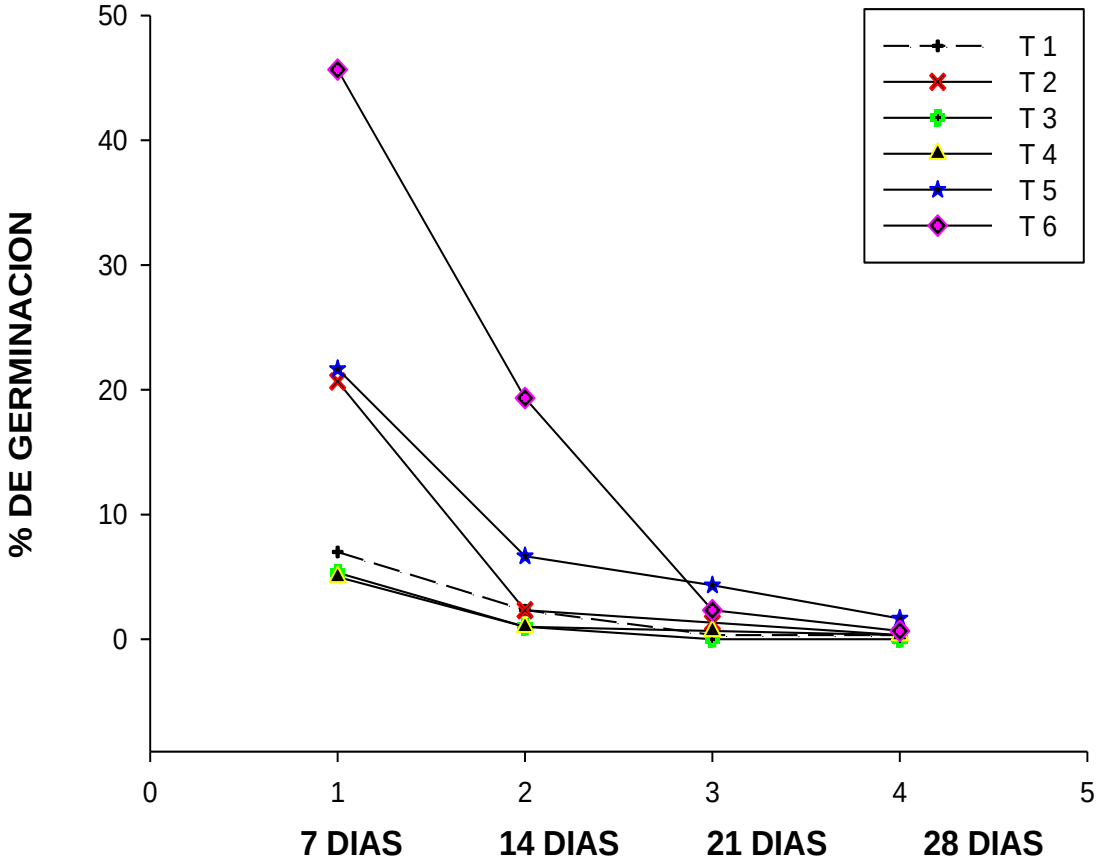

Figura 3.Porciento de germinación de los diferentes tratamientos

Variable velocidad de germinación

De acuerdo a los análisis de varianza en la presente variable se encontraron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos con una alta significancia de de P >F=0.0001; el ANVA se realizó de acuerdo a las diferentes fechas a cada 7 días cada una (Apéndice 2).

Las pruebas de separación de medias de Tukey indican que existen diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Fecha 1 (2 al 9 de febrero del 2012)

En la velocidad de germinación de la primera fecha se pudo observar que hubo clara diferencia en velocidad germinativa. Por ejemplo, el tratamiento 6 presento un índice de velocidad de germinación de 6.5 ,seguido por el tratamiento 5 quien obtuvo una velocidad de 3.09; como tercer lugar se mantuvo el tratamiento 2 con un 2.95 de velocidad. Los tratamientos 1, 3 y 4 se mantuvieron con 1.00, 0.76 y 0.71 de velocidad respectivamente (Cuadro 3).

En esta primera fecha las medias de Tukey indican que la mezcla de tierra de monte al 35%, lombricomposta al 35% y arena al 30% (Tratamiento 6) son las más efectivas en relación a la velocidad germinativa de la especie evaluada. El Tratamiento 5 que resultó de la combinación de lombricomposta al 50%, más arena al 25% y más limo al 25% demostró tener la mitad de potencial en velocidad para germinar. Los Tratamientos 2, 1, 3 y 4 demostraron que no garantizan un buen desarrollo germinativo y por lo tanto se contemplan con resultados muy poco aceptables.

Fecha 2 (10 al 16 de febrero del 2012)

En esta fecha de resultados, el Tratamiento 6 con los componentes antes mencionados fue el que obtuvo la mayor velocidad de germinación con un 1.38 de velocidad, en el caso de los Tratamientos 5, 2, 1, 3 y 4 mantuvieron una velocidad de 0.48, 0.16 , 0.16, 0.07 y 0.07 respectivamente (Cuadro 3).

En la presente fecha solo el Tratamiento 6 demostró una velocidad mayor a los demás tratamientos, siendo los compuestos antes mencionados los que responden a una mayor velocidad germinativa.

Fecha 3 (17 al 23 de Febrero del 2012)

Para esta tercera fecha los resultados de velocidad de germinación fueron tomando una velocidad regular; en el Tratamiento 6 se obtiene el 2.28 de velocidad, para el Tratamiento 5 baja su velocidad germinativa a un 1.24, mientras que en el tratamiento 2 llega a un 1.05 de velocidad. En el caso de los tratamientos 1, 3 y 4 obtienen 0.42, 0.25 y 0.27 respectivamente donde nuevamente el Tratamiento 6 demuestra su mayor potencial en velocidad de germinación (Cuadro 3).

Fecha 4 (de febrero 24 al 02 de marzo del 2012)

En la presente fecha se obtuvieron resultados similares a los de la fecha 3, la cual muestra al Tratamiento 6 con un 2.34 de velocidad de germinación, al Tratamiento 5 con una velocidad de 1.07 y a los tratamientos 2, 1, 3 y 4 con 0.83, 0.38, 0.23 y 0.23 de velocidad germinativa respectivamente (Cuadro 3).

Para esta ultima fecha se puede deducir a que el Tratamiento 6 es el más efectivo en relación a la velocidad de germinación manteniendo un mejor desarrollo durante el experimento.

Cuadro 3. Comparación de Tukey de la variable velocidad de germinación

TRATAMIENTOS	FECHA 1	FECHA 2	FECHA 3	FECHA 4
6	6.5233 A	1.3833 A	2.2833 A	2.3433 A
5	3.0933 B	0.4767 B	1.2367 B	1.0700 B
2	2.9500 B	0.1633 B	1.0467 B	0.8333 B
1	1.0000 B	0.1633 B	0.4267 B	0.3833 B
3	0.7633 B	0.0700 B	0.2567 B	0.2267 B
4	0.7133 B	0.0700 B	0.2700 B	0.2267 B

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes

En la Figura 4, se muestra al Tratamiento 6 con mayor velocidad de germinación, los Tratamientos 1, 2 y 5 como intermedios en velocidad y los Tratamientos como 3 y 4 los más bajos.

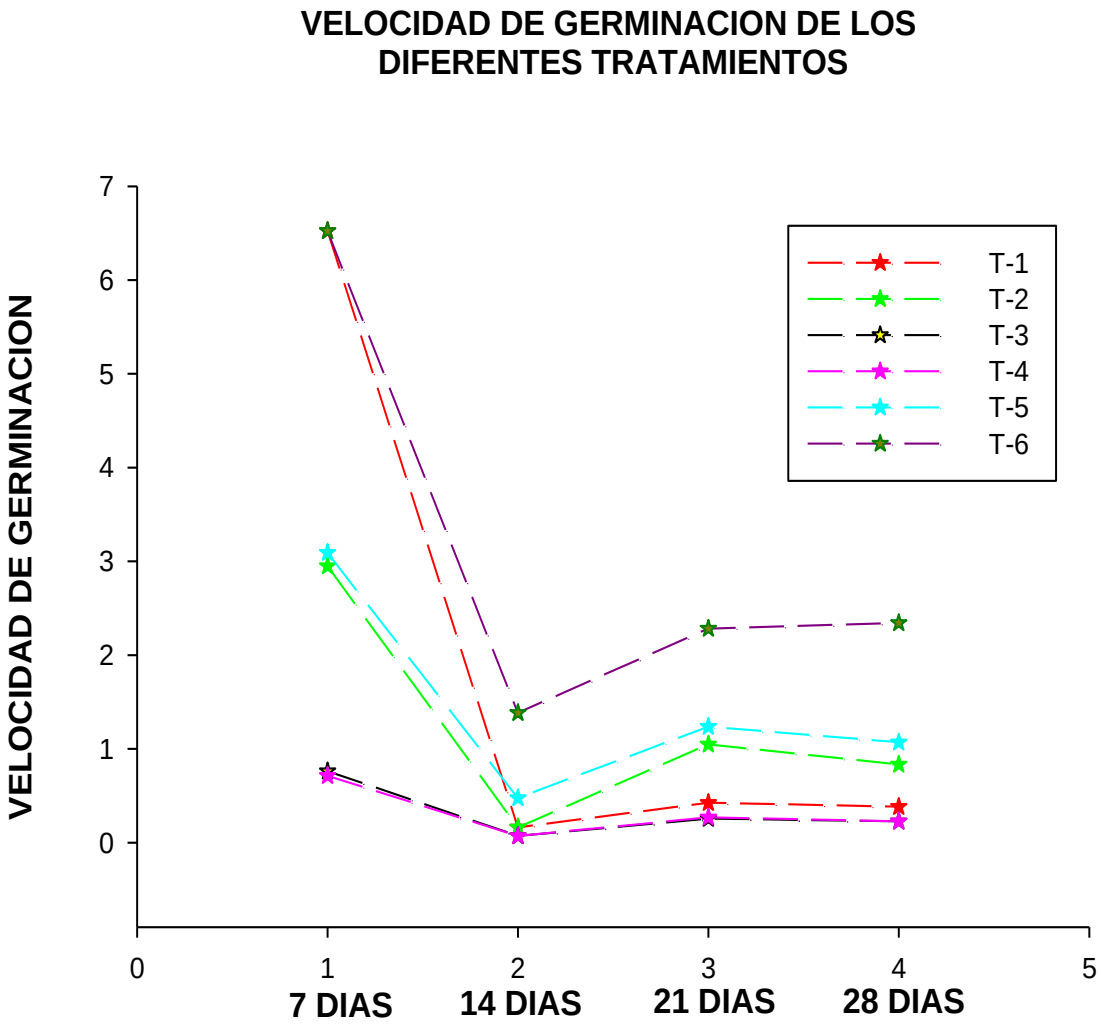

Figura 4.Velocidad de germinación general de los diferentes tratamientos

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Tomando en cuenta los resultados obtenidos y de acuerdo a las hipótesis, así como a los objetivos planteados en la presente investigación se puede concluir que:

En la variable porcentaje de germinación existen diferencias estadísticas de germinación entre los 6 diferentes tratamientos aplicados; las pruebas de separación de medias de Tukey nos indican que existen tratamientos con un mejor porcentaje germinativo que otros, numéricamente el de mejor resultado promedio fue el Tratamiento 6.Esto significa que en esta variable la lombricomposta y tierra de monte contribuyen a mejorar el resultado en germinación.

Con base a la variable velocidad de germinación, la diferencia dada entre los seis tratamientos demuestra que la mezcla del Tratamiento 6 es la única que acelera y mejora la germinación de la especie tratada. Por otro lado, la combinación de heno motita al 25 %, limo al 50 %, tierra de monte al 25% y osmocote fue la de menor e inaceptable potencial en la velocidad germinativa, lo que significa que los sustratos de heno motita en combinación con limo son inaceptables en el presente experimento.

Recomendaciones

❖ Para reducir el costo y uso de sustratos comerciales en la producción de plántulas es recomendable la aplicación de lombricomposta y tierra de monte en proporciones de hasta 40% por mezcla o tratamiento, siendo productos naturales que cuentan con características físicas, químicas y biológicas recomendadas.

❖ Se recomienda llevar a cabo constantemente mezclas con lombricomposta y tierra de monte en experimentos con otras especies de semilla con testa delgada o blanda para una comparación en germinación.

❖ Sería recomendable comprobar la viabilidad de sobrevivencia a una temperatura ambiente con los sustratos de mejor potencial germinativo en este experimento.

❖ Se recomienda practicar y comparar pruebas en composición porcentual de sustratos para lograr una eficaz estructura y garantizar resultados más exactos.

❖ Por último sería recomendable demostrar a productores en el área, sobre el uso y manejo de sustratos netamente naturales para disminuir costos y mejorar los beneficios.

VI. LITERATURA CITADA

Bures, S. 1997. Sustratos. Primera edición. Ed. Agrotécnicas. Madrid, España. 342 p.

Bonner, F. T., J. A., Vozzo. W. W., Elam. and S. B., Land. Jr. 1994. Tree Seed Technology Training Course, Student Outline.

Chávez R., R. 1994. Fisiología y morfología de plántulas en diez procedencias de *Pinus greggii Engelmann*, en invernadero. Tesis licenciatura. UAAAN. 66p.

CONAFOR. 2011. *Prosopis juliflora*. Nota Técnica. Sistema nacional de información forestal. 8 p.

Colli Ll., M. 2005. Tipos de sustratos en viveros. Fecha de consulta 05 de Mayo del 2011. Articulo disponible en línea: http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r59475.PDF

CONAZA. 1994. Mezquite *Prosopis* spp. Cultivo alternativo para las Zonas Áridas y Semiáridas de México. Instituto Nacional de Ecología. Saltillo, Coahuila, México. 18 p.

FAO. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, con especial referencia a los trópicos, compilado por R. L. Willam para el centro de semillas forestales de Danida.

Gaytán M., D. M. 2001. Prueba de germinación de *Pinus cembroides* var. Zucc en ocho sustratos diferentes. Tesis de Licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

Gómez L., F. J. P., Signoret. y M. C. M., Abuín. 1970. Mezquites y huizaches. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables.192 p.

Gutiérrez R., J. S. N., Camacho y R. M., Naranjo. 1983. Glosario de Recursos Naturales Agua, Suelo y Vegetación. Ed. limusa. 314 p.

INE. 2007. Cultivo. Fecha de consulta 29 de Marzo del 2011. Articulo disponible en línea: http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/72/cultivo. Html.

INIFAP. Campo Experimental Todos Santos, La Paz, Baja California Sur, México. 32 p.

Krugman S., L. y J. L. Jenkinson. 1974. Pinus I In: Seeds of woody plants in The United States. USA. Forest Service, Agriculture Handbook No 405. USA. 598 – 638 p.

Lara R., D. 1996. Prueba de germinación y sobrevivencia de *pinus cembroides* Zucc. sobre ocho sustratos diferentes en etapa de vivero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 76 p.

Lewis G., B. Schrire., B. Mackinder y M. Lock. 2005. Reseña de " legumes of the world ". Sociedad botánica de México. Vol. 77 (003). Distrito Federal, México. pp. 75-77.

López R., A. 2008. Evaluación de cuatro tratamientos de escarificación para la germinación de la semilla del colorín *Sophora secundiflora* Ortega. Tesis de Licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 32 p.

Martínez D., R. J. 2007. Evaluación del efecto de diferentes sustratos en la germinación, sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de las plántulas de *Pinus greggii* Engelmann, bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.52 p.

Meza S., R. y E. L. Osuna. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las pocitas, B.C.S. INIFAP. Folleto Científico Núm. 3. La Paz, B.C.S. México.

Osasuna L., E. y R. S. Meza. 2007. Recomendaciones para establecer áreas semilleras de mezquite en Baja California Sur. Publicación Electrónica Nº 1.

Padilla G., H. 1987. Glosario práctico de términos forestales. Ed. Limusa. Universidad Autónoma Chapingo, México. 273 p.

Palacios R., A. 2006. Los mezquites mexicanos: biodiversidad y distribución geográfica. Facultad de ciencias exactas y naturales. Universidad de Buenos Aires, Argentina. pp. 99 – 121.

Pastor S., J. N. 2000. Utilización de sustratos en viveros. Terra 17:3 (231-235) Universidad de Lleida, Lleida, España

Ruano M., J. R. 2003. Viveros forestales. Ed. Mundi -prensa. P. 121-122.

Resh H., M. 1987. Cultivos Hidropónicos: Nuevas Técnicas de Produccion.2da edición, Editorial Mundi – Prensa, España.318p.

Rodríguez T., D. A. 2008. Indicadores de calidad de planta forestal. Ed. Mundi-prensa. Universidad Autónoma Chapingo, México. 156 p.

Sandoval M., C. V., Cetina. A. R., Yeaton y L. C., Mohedano. 2001. Sustratos y polímeros en la producción de la planta de *Pinus cembroides* Zucc. bajo condiciones de invernadero. Revista Chapingo Serie ciencias forestales y del ambiente 6(2): 143 – 150.

VII. APENDICE

Apéndice 1. Análisis de varianza del porciento de germinación

FECHAS	FUENTE	GL	SC	CM	F=valor	p>F	CV
Fecha 1	TRAT	5	3705.77	741.15	13.59*	0.0001	42.07
	ERROR	12	654.66	54.55			
2-9 Feb.	TOTAL	17	4360.44				
Fecha 2	TRAT	5	759.77	151.95	17.76**	< .0001	53.72
	ERROR	12	102.66	8.55			
10-16 Feb.	TOTAL	17	862.44				
Fecha 3	TRAT	5	39.16	7.83	2.27*	0.1131	123.72
	ERROR	12	41.33	3.44			
17-23 Feb.	TOTAL	17	80.5				
Fecha 4	TRAT	5	5.11	1.02	2.30*	0.1101	120
	ERROR	12	5.33	0.44			
Feb.24 al 02 Mar.	TOTAL	17	10.44				

** indica diferencias altamente significativas, (P< .0001) y *significativas

AGRUPACION TUKEY	MEDIAS	NO.DE OBSERVACIONES	TRATAMIENTO
A	68.00	3	6
B	34.33	3	5
B C	24.66	3	2
B C	10.00	3	1
C	7.00	3	4
C	6.33	3	3

Apéndice 2 .Análisis de varianza de velocidad de germinación

FECHAS	FUENTE	GL	SC	CM	F=valor	p>F	CV
Fecha 1	TRAT	5	75.5988	15.1197	13.60*	0.0001	42.0534
	ERROR	12	13.3404	1.1117			
2-9 Feb.	TOTAL	17	88.9393				
Fecha 2	TRAT	5	3.9052	0.781	17.93**	<.0001	53.8297
	ERROR	12	0.5228	0.0435			
10-16 Feb.	TOTAL	17	4.4281				
Fecha 3	TRAT	5	9.2426	1.8485	12.80*	0.0002	41.2987
	ERROR	12	1.7323	0.1443			
17-23 Feb.	TOTAL	17	10.975				
Fecha 4	TRAT	5	9.8206	1.9641	17.28 **	<.0001	39.7931
	ERROR	12	1.3639	0.1136			
Feb.24 al 02 Marzo	TOTAL	17	11.1845				

** indica diferencias altamente significativas, (P< .0001) y *significativas

AGRUPACION TUKEY	MEDIAS	NO.DE OBSERVACIONES	TRATAMIENTO
A	12.53	3	6
B	5.87	3	5
B	4.99	3	2
B	1.97	3	1
B	1.32	3	3
B	1.28	3	4