

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES



**EFFECTO DE DIFERENTES AMBIENTES LUMÍNICOS EN EL
CRECIMIENTO DE DOS ESPECIES DEL MATORRAL ESPINOSO
TAMAULIPECO**

POR:

ING. MARÍA GUADALUPE ESCOTO HERNÁNDEZ

**Como requisito parcial para obtener el grado de
MAESTRA EN CIENCIAS FORESTALES**

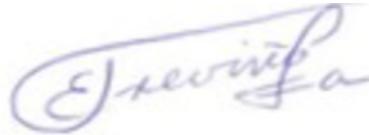
Diciembre, 2020

**EFFECTO DE DIFERENTES AMBIENTES LUMÍNICOS EN EL
CRECIMIENTO DE DOS ESPECIES DEL MATORRAL ESPINOSO
TAMAULIPECO**

Aprobación de Tesis



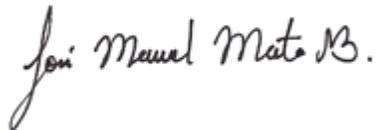
Dr. Eduardo Alanís Rodríguez
Director



Dr. Eduardo Javier Treviño Garza
Asesor



Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón
Asesor



Dr. José Manuel Mata Balderas
Director externo

Diciembre, 2020

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, deseo expresar mi agradecimiento al director de esta tesis de maestría, Dr. Eduardo Alanís Rodríguez, por la dedicación y apoyo que ha brindado a este trabajo, por el respeto a mis sugerencias e ideas y el rigor que ha facilitado a las mismas. Gracias por la confianza ofrecida desde que llegué a esta facultad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por otorgarme la beca para realizar los estudios de maestría por la ayuda económica brindada y hacer posible la realización del presente proyecto presentado en esta memoria de tesis.

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León y en especial al cuerpo de profesores-investigadores que forjaron mi perfil profesional con sus conocimientos y experiencia.

Al comité de tesis, donde todos los integrantes de manera honesta, capaz y respetuosa crearon un ambiente de confianza y responsabilidad en el desarrollo de esta investigación, así como la aportación de sugerencias y observaciones, todas ellas atinadamente.

Al Dr. José Ángel Sigala Rodríguez por su participación y contribución en el manuscrito que se para la revista científica y por su apoyo profesional, por sus acertadas observaciones y sus valiosos consejos. También por inculcarme ser trabajador, eficiente y competitivo, pero principalmente por la amistad y confianza que me ha brindado durante estos años.

Al Dr. Eduardo Javier Treviño Garza y Dr. Oscar Alberto Aguirre Calderón, por su participación en el comité de tesis con sus comentarios, sugerencias y acertadas observaciones, así como la dedicación de su tiempo para atenderme cada vez que lo requería.

Al Dr. José Manuel Mata Balderas, también por haberme apoyado con todo el equipo y material en vivero, campo, y laboratorio, así como sus acertados comentarios, sugerencias en el desarrollo de la tesis.

A todo el personal administrativo y de posgrado quienes siempre estuvieron pendientes de todos los asuntos administrativos y escolares dentro de la maestría. Para todas las personas antes mencionadas y para aquellas que contribuyeron de una u otra forma a mi desarrollo profesional, expreso un sincero agradecimiento.

DEDICATORIAS

Dedico de manera especial esta tesis a mi madre María Isabel pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mi la base de la responsabilidad y deseos de superación, fuiste una mujer que simplemente me llena de orgullo y no va a haber manera de devolverte todo lo que hiciste por mí, por eso te doy mi trabajo en ofrenda por tu paciencia y amor madre mía, te amo.

A mi padre Alfredo por todo el apoyo que me ha dado a lo largo del camino, ¡MUCHAS GRACIAS!

A mis hermanos, Perla y Alfredo, por todo su cariño y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A mis sobrinos Alexia y Darién, a quienes adoro y llenan mi vida de alegrías.

A Blanca por ser alguien muy especial en mi vida y por demostrarme que en todo momento cuento con ella.

Y a todas las personas que desinteresadamente me ayudaron a culminar la maestría.

Tabla de contenidos

índice de imágenes.....	i
Índice de Cuadros	i
Índice de Figuras	i
RESUMEN.....	ii
SUMMARY.....	iii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	5
2.2 Vivero forestal.....	9
2.3 Producción a raíz cubierta	12
2.4 Tratamientos pre-germinativos	12
2.4.1 Latencia.....	13
2.6 Malla sombra	15
2.7 Factores ambientales	16
2.7.1 Transmitancia.....	16
2.7.2 Radiación PAR en las plantas.....	17
2.7.3 Humedad.....	18
2.7.5 Temperatura.....	19
2.8 Atributos fisiológicos	21
2.8.1 El proceso de la fotosíntesis.....	21
2.9 Atributos morfológicos.	23
2.9.1 Altura	24
2.9.2 Diámetro	24
2.9.3 Raíz	25
2.9.4 Calidad de planta.....	25
2.9.5 Biomasa.....	27
3 JUSTIFICACIÓN	29
4 HIPÓTESIS	31
5 OBJETIVOS	31
5.2 Objetivos específicos	31
6. MATERIALES Y METODOS	32

6.1 Ubicación.....	32
6.1.1 Clima	33
6.2 Siembra de material vegetativo	33
6.2.1 Trabajo en vivero	33
6.2.2 Preparación de semillas	34
6.3 Fertilización	34
6.4 Porcentaje de germinación	35
6.5 Evaluación de crecimiento y distribución de biomasa.....	35
6.6. Determinación de área foliar y concentración de clorofilas.....	36
6.7 Análisis estadísticos.	36
7. RESULTADOS	37
7.1 Germinación	37
7.2 Atributos morfológicos y fisiológicos	38
7.2.1. Altura y Diámetro para las especies <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Cordia boissieri</i>	38
7.2.2. Área foliar	39
7.2.3 Clorofila	40
7.2.4 Asignación de biomasa.....	40
8. DISCUSIÓN	43
9. CONCLUSIÓN	46
10. ANEXO FOTOGRÁFICO	48
11. BIBLIOGRAFIA	56

Índice de imágenes

Imagen 1 Flor " <i>Cordia boissieri</i> "	7
Imagen 2 Hojas " <i>Prosopis laevigata</i> "	8
Imagen 3 Diseño del establecimiento en vivero de los tratamientos a cielo abierto, malla sombra al 40 y malla sombra al 60% con un diseño completamente al azar para las especies <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Cordia boissieri</i>	11
Imagen 4 Ubicación vivero Linares	32

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Valores de P de efecto del ambiente lumínico en las variables de crecimiento, área foliar y concentración de clorofilas en dos especies arbóreas del Matorral Espinoso Tamaulipeco	38
Cuadro 2 Valores promedio de las variables de crecimiento, asignación de biomasa, Clorofila, Medias con letras iguales entre las filas no son diferentes significativamente ($P > 0.05$)	39

Índice de Figuras

Figura 1 Fracciones asignación de biomasa aérea (a) y radical (b) en plantas de <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Cordia bossieri</i> cultivadas en diferentes ambientes lumínicos de vivero: cielo abierto (CA), malla sombra al 40% (M40) y malla sombra al 60% (M60).	41
Figura 2 Patrón de asignación de biomasa relación Biomasa seca radical/Biomasa seca aérea (BSR/BSA), en plantas de <i>Prosopis laevigata</i> y <i>Cordia bossieri</i> cultivadas en diferentes ambientes lumínicos de vivero: cielo abierto (CA), malla sombra al 40% (M40) y malla sombra al 60% (M60) ...	42

RESUMEN

Se analizó la importancia de la manipulación de las condiciones de luz en un vivero. A partir de ello, se registraron y observaron las modificaciones de las características morfológicas de la calidad de planta. El objetivo fue evaluar los cambios morfo-fisiológicos en las plántulas de *Prosopis laevigata* (mezquite) y *Cordia boissieri* (anacahuita) que fueron sometidas a tres diferentes ambientes lumínicos: (1) luz solar directa (sin malla), (2) utilización de sombreado con malla sombra negra al 40%, y (3) sombreado al 60% durante el primer periodo de crecimiento de la planta. En la primera etapa del proceso de investigación se llevó a cabo la germinación de ambas especies, que pudo producirse independientemente del tipo de sombreado. Para ello, se comparó el crecimiento en altura para las especies de mezquite y anacahuita de acuerdo con la luminosidad y se verificó el diámetro, así como el tamaño de las hojas y por ende la concentración de clorofila. De igual forma, se analizó la asignación de biomasa seca foliar. Entre los resultados que se detallan en el artículo se encuentra que las especies desarrollaron plasticidad morfológica y fisiológica que les permitió adaptarse a las irradiancias evaluadas.

Palabras clave: Biomasa, malla sombra, germinación, ambientes lumínicos.

SUMMARY

This study aims to verify the importance of manipulating the light conditions in a nursery, since, from this, the morphological characteristics of plant quality are modified. Therefore, this article presents the results of measuring the morpho-physiological changes in the seedlings of *Prosopis laevigata* (mesquite) and *Cordia boissieri* (anacahuita) that were subjected to three different light environments: (1) direct sunlight (without mesh), (2) use of shading with 40% black shade mesh, and (3) 60% shading during the first period of plant growth. The germination of both species could occur regardless of the type of shade. Height growth was compared for mesquite and anacahuita species according to luminosity and the diameter was verified, as well as the size of the leaves and therefore the chlorophyll concentration. Similarly, the allocation of dry foliar biomass was analyzed. Among the results detailed in the article, it is found that the species developed morphological and physiological plasticity that allowed them to adapt to the irradiances evaluated.

Keywords: Biomass, shadow mesh, germination, light environments

1. INTRODUCCIÓN

La conservación de las comunidades vegetales nativas resulta fundamental porque proporcionan una fuente extensa de servicios ambientales y productos maderables y no maderables. Existen diversas poblaciones que dependen directamente de estos ecosistemas para satisfacer sus necesidades de alimentos, energía y vivienda (Chauchard, 2016).

En las últimas décadas los cambios, sociales, políticos y económicos han tenido como resultado una modificación exponencial y afectaciones directas en el ambiente, que para fines de la investigación se traducen en deforestación y fragmentación aunado a los efectos del calentamiento global (Quintana, 2014).

En este sentido, cabe destacar que el cambio de uso de suelo, para satisfacer necesidades inmediatas de la población, se ha forjado a partir de la explotación no controlada de los recursos naturales (López et al. 2015).

Así se ha generado pérdida de hábitats y por ende la fragmentación del ecosistema. De acuerdo a Quintana (2014) la fragmentación incluye una pérdida de la superficie que cubren estas regiones, pero se caracteriza principalmente por la falta de continuidad entre sus partes.

Esta alteración implica una modificación de temperatura, humedad, radiación solar, o exposición al viento, que afectan la supervivencia de las especies silvestres que ahí habitan. Por tanto, la fragmentación del hábitat es un proceso de deterioro ecológico (Quintana, 2014, San Vicente y Valencia, 2012).

En este sentido, la investigación se ocupa de proponer la manipulación de ambientes lumínicos en las planas para que se adapten a las condiciones de suelo de la zona. Lo anterior a fin de disminuir las afectaciones que han recaído en el matorral espinoso tamaulipeco (MET), dado que es una vegetación que se encuentra dominada por árboles y arbustos con promedio de altura de cuatro metros.

Cerca de la mitad de las especies que se encuentran son espinosas (Reid et al. 1990; Jurado et al. 1998; 2000). El mezquite (*Prosopis laevigata*) es una de las especies arbóreas que más se utilizan para restaurar ecosistemas forestales (Ríos et al. 2012) y también es una especie con alto valor ecológico en el MET. Por otra parte, la anacahuita (*Cordia boissieri*), es una especie emblemática y de importancia ornamental del estado de Nuevo León. Esta especie ha sido sugerida como potencial para llevar a cabo programas de rehabilitación de ecosistemas principalmente matorrales que se encuentran en el noroeste de México (Alanís, 1981; Estrada y Marroquín, 1991).

La reforestación en zonas áridas como el MET presenta una gran cantidad de desafíos, principalmente por las condiciones extremas que se hacen presente en estos sitios, la elevada irradiación, su gran amplitud térmica y escasez de agua, hacen difícil la sobrevivencia de las especies vegetales trasplantadas (Vallejo, 2003). Por lo cual, el aumento de cobertura vegetal mediante plantas nativas juega un papel importante en el control de los procesos de degradación, sus funciones que van desde el mejoramiento del paisaje, el control de la fluctuación de las temperaturas, el control de la erosión, la regulación de caudales líquidos, hasta el reforzamiento de los suelos por los sistemas radicales, la disminución o eliminación del efecto del impacto de la erosión hídrica sobre la superficie del suelo y elevando apreciablemente la fertilidad del mismo (González, 2019).

Es por ello que, un método habitual para el desarrollo de proyectos de restauración ecológica es realizar la siembra de especies leñosas (Alanís et al. 2013). Si bien la técnica de plantación es concurrida, existen regiones donde aún es escaso el conocimiento de la producción de especies en vivero, en particular el ambiente lumínico adecuado.

Por lo cual, es necesario estudiar prácticas de restauración, tanto pasiva como activa. En este tenor, la restauración pasiva implica prácticamente la eliminación de los factores de disturbio y permitir que la regeneración natural ocurra (Miranda, 2017), aunque las tasas de recuperación por medio de la restauración pasiva son altamente variables y en algunos casos no tiene éxito (Holl, 2007; Aide et al.

2010). Por otro lado, está la restauración activa como una alternativa para acelerar la regeneración y superar las barreras mencionadas antes, consiste esencialmente en la siembra de plántulas (Parrota et al. 1997; Holl et al. 2000; Bremer y Farley, 2010; Williams et al. 2010).

En consecuencia, se ha documentado que las plantaciones ayudan a mejorar las condiciones del suelo, aumentando el contenido de nutrientes, materia orgánica y protegiéndolo de la erosión (Parrota, 1992; Ruiz y Aide, 2005, Montagnini, 2008). Los árboles establecidos pueden también catalizar la recuperación ya que atraen a la fauna dispersora, funcionando como perchas y proveyéndola de alimento y refugio (Joseph y Wunderle, 1997; Orozco y Montagnini, 2007).

Este último aspecto requiere la reproducción de especies de interés en vivero. Sin embargo, para las especies del MET existe poco conocimiento sobre las mejores prácticas culturales, métodos y técnicas utilizadas para producir planta de alta calidad.

De esta forma, como una técnica utilizada en la investigación fue la implementación de mallas sombras porque su función es modificar de manera específica el espectro de la luz que se filtra en las regiones ultra-violeta, visible y rojo lejano, e intensifica la dispersión (luz difusa), y afecta sus componentes térmicos (región infrarroja) en función de los aditivos cromáticos del plástico y el diseño del tejido (Oren et al. 2001, Rajapakse y Shahak 2008, Shahak et al. 2004). De acuerdo con Shahak et al. (2008) ahora la tecnología actual promueve el incremento del rendimiento comercial, disminuir los desórdenes y las respuestas fisiológicas relacionadas al tamaño, peso, color, amarre y tiempo de cosecha.

De lo antes mencionado surge la necesidad de evaluar indicadores morfológicos y fisiológicos en las especies *Prosopis laevigata* y *Cordia bossieri* en vivero que intervienen en la calidad de planta para que sea utilizada en futuras reforestación tanto en zonas áridas como semiáridas. Los resultados generados con este proyecto podrán servir de apoyo en la toma de decisiones para el manejo de este tipo de especies del MET, incrementando con ellos las probabilidades de éxito

en las reforestaciones en regiones con climas elevados como es el noroeste del país.

2. ANTECEDENTES

El uso de las mallas sombras es una técnica empleada con la finalidad de brindar protección y disminuir la intensidad lumínica, evitando los incrementos de temperatura durante los periodos calurosos (Valera et al. 2001). Esto significa un área de intercambio de aire más grande, que a su vez reduce la temperatura y baja el nivel apropiado de dióxido de carbono (Anaya, 1993).

Hasta ahora, las mallas más vendidas son: la de color negro y la aluminada aunque la malla de color negro es la más utilizada debido a su menor costo. Sin embargo, esta malla es poco selectiva a la calidad de la luz, debido a que sombrea por igual en toda la banda del espectro electromagnético, lo cual causa una disminución en la fotosíntesis y el rendimiento (Valera et al. 2001).

En los últimos diez años se ha iniciado con el desarrollo de mallas plásticas de sombreado con propiedades ópticas especiales, como un nuevo enfoque para mejorar el uso de la radiación solar en los cultivos agrícolas (Fallik et al. 2009, Ganelevin, 2008). Las mallas sombra de color modifican específicamente el espectro de la luz filtrada en las regiones ultra-violeta, visible y rojo lejano, e intensifica su dispersión (luz difusa), y afecta sus componentes térmicos (región infrarroja) en función de los aditivos cromáticos del plástico y el diseño del tejido (Oren et al. 2001, Rajapakse y Shahak 2008, Shahak et al. 2004). La nueva tecnología fomenta el incremento del rendimiento comercial, la disminución de desórdenes y las respuestas fisiológicas relacionadas al tamaño, peso, color, amarre y tiempo de cosecha del fruto (Shahak et al. 2008).

Diversos estudios que se han llevado a cabo en zonas semiáridas indican que los cultivos que se desarrollaron bajo malla sombra han experimentado un incremento notable en su producción (Kitta y Savvas, 2012; Kittas, et al. 2012), al igual que en su calidad, con relación a cultivos que fueron establecidos a cielo abierto (Whaley y Scott, 1997).

Baseve et al. (2017) realizaron un estudio en el que evaluaron los cambios morfo-fisiológicos de plántulas de *Prosopis laevigata* ante diferentes ambientes de luz

en vivero. En el estudio se contrastaron distintas condiciones de luz solar, que consistió en intemperie y sombreado mediante mallas de colores (azul, negra, roja y verde), de igual forma, evaluaron el crecimiento en términos de ganancia de biomasa por plántula, la morfología, mediante patrones de asignación de biomasa y calcularon área foliar específica. Finalmente concluyó que un sombreado con malla sombra independientemente del color, invirtió los patrones y promovió una mayor asignación de biomasa al componente aéreo (más de 60%) por el cual se determina que es posible realizar la manipulación en plántulas de *P. leavigata* características morfológicas de calidad, mediante el manejo de la luz en vivero.

Por su parte, Santelices, et al. (2013) generaron un análisis en el cual, evaluaron el efecto del nivel de sombra en la calidad de plantas de *Nothofagus alessandrii* E. cultivadas en vivero en la zona mediterránea de Chile donde el objetivo fue evaluar la respuesta morfológica de plantas que fueron cultivadas bajos distintos niveles de sombra.

En esta investigación, se analizaron tres niveles de sombra incluyendo un testigo (malla raschel de 18-50-80%) respectivamente, y se calcularon atributos morfológicos (altura, diámetro de cuello de la raíz, área foliar específica, biomasa por componentes e índices de calidad) y fisiológicos (fluorescencia de la clorofila y potencial hídrico). Los resultados obtenidos muestran que hubo efecto significativo del nivel de sombra en el desarrollo de plantas, observándose mejores atributos en las plantas que fueron tratadas con 18% de sombra.

2.1 Descripción de las especies estudiadas

2.1.1 *Cordia boissieri* DC. (Anacahuita)

Familia *Boraginaceae*

Árbol subtropical de tronco ramificado corto, siempre verde que alcanza hasta los 8 metros de altura una copa en forma de corona un poco gris, con un tronco que

va desde los 20 cm de diámetro. Las hojas son verdes, grandes (7.7-12.7 de longitud y 7.7-10.2 de ancho), suaves, con terciopelo y cafés en la parte inferior. Las flores son blancas-amarillas en forma de trompetas de 5.2 a 7.6 centímetros de diámetro y son producidas a lo largo del verano, especialmente después de las lluvias de abril a junio. El fruto blanquecino madura de julio a septiembre y es de 2.6 centímetros (CONABIO, 2007).

Es un árbol emblemático, conocido como “la flor del estado de Nuevo León”, es reconocido por la población como el símbolo de la misma, además de su uso ancestral por la suma de sustancias que se refieren de manera popular como benéficas para salud, por lo cual, adquiere un interés particular de su uso medicinal, gastronómico y para el uso agronómico (Martínez, 2011)



Imagen 1 Flor "*Cordia boissieri*"

Fuente: https://www.naturalista.mx/taxa/160873-Cordia-boissieri/browse_photos

2.1.2 *Prosopis laevigata* (Mezquite) (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C.Johnst

Familia *Fabaceae*

Árbol o arbusto pequeño, de 12 m de altura, las ramas tienen espinas fuertes de 1 a 4 cm de largo, las hojas están divididas con apariencia de plumas, sus flores son de color verde con tonalidad amarilla aromáticas y están agrupadas en espigas alargadas, los frutos son legumbres que al secarse se abren, por un lado, florece en un clima árido y cálido; hay variedades resistentes a las heladas. Crece desde el nivel del mar hasta 1,500 metros, con pluviosidades anuales de 150-750 mm. Produce una raíz pivotante que puede alcanzar 10 metros de profundidad. Crece bien en suelos rocosos y arenosos, de baja fertilidad; los suelos muy superficiales no le convienen (Monreal et al. 2015). Los árboles de gran tamaño son de 50 cm de diámetro en el tronco y de 8 metros de altura. En Estados Unidos, se localizan frecuentemente en California, Arizona y Nuevo México, lugares en donde se encuentra agua en forma permanente a cinco metros de la superficie del suelo o en donde el índice de precipitaciones anuales es mayor a los 500 mm (Sauceda et al. 2014).

De este árbol, se han estudiado sus propiedades medicinales, así como su capacidad para incrementar el proceso de oxigenación, la composición de sus semillas y madera lo hace una especie con alta explotación por diversas industrias.



Imagen 2 Hojas "*Prosopis laevigata*"

Fuente:https://www.naturalista.mx/taxa/167456-Prosopis-laevigata/browse_photos

2.2 Vivero forestal

El vivero forestal es el área en donde se lleva a cabo la producción de plántulas en las cuales estas se desarrollan bajo cuidado o manejo de manera especial, con la finalidad de obtener un tamaño óptimo de acuerdo con la especie en producción las cuales será llevadas a un sitio de reforestación de manera definitiva (J-Green, 2006). Su principal objetivo es producir y abastecer de plántulas a todos aquellos proyectos de restauración en donde normalmente se encuentran localizados en sitios de acceso limitado (CONIF, 2002).

La investigación, se ha desarrollado a partir de la manipulación en vivero de las especies de estudio, a fin de poder observar, registrar y analizar los cambios morfológicos y biológicos, que desprenden de la aplicación de diversos métodos.

2.2.1 Selección del sitio

Este punto es importante ya que este se debe colocar en el sitio más representativo de acuerdo a las condiciones climáticas en lo que respecta a la temperatura y humedad del suelo correspondiente a las zonas donde se pretende establecer la reforestación, es de suma importancia que se tenga la disponibilidad de agua durante todo el ciclo de producción (CONIF, 2002).

De acuerdo con Irigoyen (1997) para el establecimiento de un vivero forestal este es un punto importante, en el cual se toma en cuenta la disponibilidad y cercanía al agua, así como, por el movimiento en labores diarias, tienen que haber vías de acceso adecuadas y por último, una topografía que no exceda en pendiente al 3%.

2.2.2 Preparación de sustrato

De manera técnica se define al sustrato como aquel compuesto que cumple con todas las características biológicas que la planta. Sin embargo, durante la práctica no se encuentra un medio el cual cumpla al 100% con las características de porosidad, aireación y retención de humedad (De Bosques, 2007).

Los sustratos se clasifican como inertes u orgánicos dentro de los primeros se encuentran a los siguientes componentes (agrolita, vermiculita, roca volcánica, perlita, etc.) y dentro de los orgánicos, está la tuba (mejor conocida como peat-moss, composta de corteza de pino, aserrín viejo, fibra de coco, cachaza de caña, bagazo de café o cebada, cascarilla de arroz, etc). Los materiales inorgánicos se encargan de darle el soporte a la planta, los orgánicos realizan la función de absorber y fijar nutrimentos (Prieto et al. 2009). Este también se encargan de proteger el sistema radical de las plantas durante todo su proceso de desarrollo, así como en la extracción del vivero y transporte hasta que llegue a su sitio de reforestación, es por ello que el sustrato a ser preparado debe asegurar que las plantas se desarrollen de manera adecuada proporcionando buena aireación, Nutrición, conformación de sistema radical (Montoya y Cámara 1996; Foucard, 1997).

Dentro del vivero Linares el sustrato utilizado de manera general por el jefe del vivero para llevar a cabo la producción de plantas está bajo los siguientes porcentajes 60% tierra negra de monte, 30% perlita, 10 % de carbono orgánico.

2.2.3 Dimensiones del vivero

El arreglo de las bolsas de polietileno se realizó con 4 repeticiones por especie y tratamiento en donde se colocaron 50 bolsas dando un total de 1200 bolsas para ambas especies. Se establecieron dos platabandas delimitadas con bloques, el largo de las platabandas fue de 4.30 m por 1.30 de ancho. Entre los bloques o platabandas se dejaron callejones con dimensiones entre los 40 a 50 cm para facilitar el manejo de las plantas durante la producción. El vivero estuvo cercado

para evitar el ingreso de animales o personas que puedan causarle daño a las plantas.

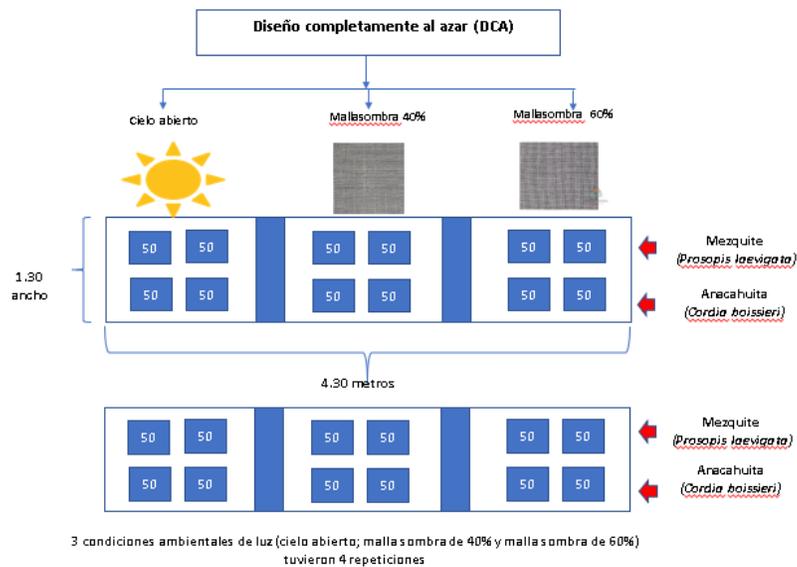


Imagen 5 Diseño del establecimiento en vivero de los tratamientos a cielo abierto, malla sombra al 40 y malla sombra al 60% con un diseño completamente al azar para las especies *Prosopis laevigata* y *Cordia boissieri*.

2.2.4 Riego

La aplicación del riego se va realizando conforme a las necesidades de la planta, esto con base a las condiciones climáticas que se estén presentando en el área de producción ya sea al aire libre o en invernadero, esto también está en función a la edad que tenga la planta, por lo cual el jefe de vivero deberá monitorear de manera permanente durante el ciclo de producción las platabandas esto con la finalidad de supervisar la humedad y temperatura de las bolsas para poder realizar la aplicación de los riegos (De Bosques,2007). En el vivero Linares, la aplicación de riego se realizó de acuerdo con las temperaturas que se presentaron durante el ciclo de producción. Cuando se tuvieron temperaturas superiores a los 35°C la incidencia del riego fue de tres veces por semana y con temperaturas inferiores se aplicó dos veces durante la semana.

2.3 Producción a raíz cubierta

Para la producción de plantas nativas a raíz cubierta se utilizan básicamente tres tipos de contenedores, según material y forma, los que se implementan, buscando un adecuado desarrollo radicular y mayores posibilidades de mecanizar su manejo.

2.3.1 Tubetes insertados en bandejas

Corresponden a envases plásticos individuales de sección cuadrada cónica, los cuales se insertan en bandejas o mallas de alambre.

2.3.2 Bandejas de poliestireno expandido (Styrobloks)

Son bandejas de poliestireno en forma de pirámide invertida, no separable ni biodegradable. A nivel operacional son los contenedores más utilizados por sus facilidades de almacenaje, limpieza, llenado y transporte, y por la posibilidad de ser reutilizados (Quiroz et al. 2009).

2.3.3 Sistema tradicional o en bolsa de polietileno

Las bolsas hechas de polietileno negro son los contenedores más utilizados en los viveros de todo el mundo porque son baratas y fáciles de transportar y almacenar. Ahora también se consiguen bolsas de polietileno recubiertas con cobre, las cuales, en comparación con las comunes, producen sistemas radicales mejores y más fibrosos, bien distribuidos dentro del envase (Luna et al. 2012).

Las especificaciones son: bolsas de color negro con la finalidad de que la proliferación de herbáceas sea menor y las plántulas puedan resistir mucho más a los rayos del sol, se caracterizan por ser de diferentes dimensiones con hileras de perforaciones lo cual permite que se tenga un buen drenaje. (CONIF, 2002; Gutiérrez, 2013; Ulloa, 2014).

2.4 Tratamientos pre-germinativos

Los tratamientos pregerminativos, son todos aquellos procedimientos necesarios para romper la latencia de las semillas, esto es, el estado en que se encuentran algunas tal que, estando vivas, no son capaces de germinar sino hasta que las condiciones del medio sean las adecuadas para ello (Donoso, 1993; Arnold, 1996). Los métodos pregerminativos más comunes son los siguientes:

- Estratificación
- Escarificación

Para el presente proyecto se utilizó el método de escarificación para la especie de mezquite, cabe destacar que la anacahuita no requiere de ningún tratamiento pregerminativo.

2.4.1 Latencia

Le estado que presenta una semilla se puede clasificar como dormición, latencia o letargo el cual se define como la inhabilidad de una semilla intacta y viable para germinar bajo condiciones ambientales adecuadas para la germinación (temperatura, humedad, concentración de gases). En el sector forestal utilizamos la palabra latencia para referirnos a la incapacidad de la semilla a germinar, esta proviene del latín “latensis” y significa oculto, escondido o que esta inactivo, la cual es un problema de importancia para los programas de producción de planta en vivero (Varela y Arana, 2011).

Para la eliminación de esta condición que presentan estas semillas es necesario aplicar la escarificación la cual la encontramos de tres maneras: física, química y aplicación de agua caliente con el fin de promover que la testa sea permeable al agua y aire permitiendo que estos ingresen para la estimulación de la germinación (Baskin y Baskin 1998, Khurana y Singh 2001).

2.4.2 Escarificación

Un gran número de especies forestales no germinan debido a que la testa o cubierta seminal, es dura e impide la entrada de agua (latencia física), y la semilla no germina al menos que esta sea escarificada. Así, la escarificación es cualquier proceso que rompa, raye, altere mecánicamente o ablande las cubiertas de las semillas para hacerlas permeables al agua y a los gases. Dentro de los cuales encontramos.

2.4.2.1 Mecánica

Este tipo de escarificación consiste en realizar mediante la fricción de la semilla con papel lija o corte de la testa esto con la ayuda de una navaja en distintas especies (Tigabu y Odén 2001, Álvarez et al. 2014, Bushman et al. 2015).

2.4.2.2 Químico

Se realiza la inmersión de las semillas, por un periodo de tiempo establecido a una sustancia que es corrosiva dentro de las cuales encontramos al ácido sulfúrico o ácido clorhídrico concentrado como informan distintos investigadores (Godínez y Flores, 1999; Baskin y Baskin 2004; Soriano et al. 2014).

2.4.2.3 Agua caliente

De manera habitual esto se efectúa en agua a temperatura ambiente, pero últimamente se ha realizado con agua caliente en donde se han obtenido resultados positivos. Este se realiza colocando las semillas en agua hirviendo, retirando de manera inmediata o después del tiempo establecido, posteriormente se dejan enfriar hasta que alcancen la temperatura ambiente y se llevan al vivero para su siembra (Varela y Arana, 2011).

Para la siembra de la especie *Prosopis laevigata* en el vivero Linares se procedió a realizar el proceso de escarificación por medio de agua hirviendo hasta llegar a 95°C fueron remojadas por noventa segundos (Sigala, 2019) y se dejaron secar para posteriormente llevarlas a siembra ya que presentan latencia física. Se

reitera que las semillas de *Cordia bossieri* no se realizó ningún tratamiento pre-germinativo ya que no presentan problema para su germinación.

2.5 Capacidad germinativa

Es la porción total de las semillas que germinaron bajo las condiciones de temperatura, humedad y disponibilidad de oxígeno dentro del vivero, esto en un ensayo de germinación, esta variable comúnmente se expresa en porcentaje (Buamscha et al., 2012).

2.6 Malla sombra

El uso de las mallas sombras en la producción de planta (bajo protección) tiene como función principal está en proporcionar una mayor aireación, la cual reduce el gradiente de temperatura y un nivel beneficioso de dióxido de carbono (Anaya, 1993).

También conocidas como casas sombra son aquellas mallas que se utilizan con la finalidad de cubrir en su totalidad estructuras de invernaderos o estructuras del tipo cobertizo, estas consisten en emplear una tela en forma de hilos plásticos que se entretajan de cuadros de diferentes tamaños cuya utilidad es proteger, así como regular la intensidad lumínica que llega a las plantas al igual sirve de protección contra efectos de insectos, aves, granizo, heladas (Juárez et al., 2011).

No obstante, se puede encontrar dos clasificaciones de malla sombra, por el color y por el porcentaje de intensidad lumínica, estos oscilan entre el 20 y 95 %, esto es con la finalidad de tener un control del microclima el cual va a favorecer a nuestro cultivo tanto en sequía como en temporada de heladas (Burgos, 2018).

Dentro de la gama de colores existen diferentes características, ya que cada una de ellas aporta algo en particular, las mallas sombras negras han sido las más

utilizadas por ser de las más económicas, tradicionalmente se usan las mallas de polietileno o polipropileno, se caracterizan por disminuir la temperatura dentro de estructuras.

Así el uso de mallas sombras, fomentan la estimulación de algunas respuestas fisiológicas que son reguladas por la luz, como la fotosíntesis y fotomorgénesis las cuales producen un efecto en el desarrollo del tallo, crecimiento foliar, desarrollo de cloroplastos, síntesis de la clorofila y metabolitos secundarios esto como respuesta a la incidencia de la luz (Devlin et al. 2007).

Por tal motivo, el uso de mallas sombras va más allá de brindar sombra a un cultivo o plantación, estas capturan longitudes de onda las cuales beneficiaran la producción, se considera que el calor se produce por la energía radiante del sol, por lo cual una malla sombra ideal deberá detener esa radiación sin afectar la parte visible o útil para la fotosíntesis (Pérez, 2018).

2.7 Factores ambientales

La productividad en la producción de planta en vivero está condicionada por las condiciones ambientales, ya que estas permitirán obtener plantas con características requeridas en campo que darán paso a elevar la supervivencia, es por lo que, el empleo de malla sombras tiene como función brindar protección a las plantas de condiciones negativas del clima. Dentro de este se lleva a cabo una interacción de las variables las cuales definen el clima dentro del vivero dentro de estas variables encontramos la temperatura, humedad relativa y el CO₂ (Castilla, 2005; Castillo, 2018).

2.7.1 Radiación solar

La radiación solar dentro de un vivero es importante ya que es primordial para la formación del efecto invernadero, así como también para el crecimiento y

desarrollo de plantas. La radiación fotosintética activa (PAR) es la principal fracción de la intensidad lumínica que es conveniente para que las plantas puedan llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis, la cual conocemos como luz que es aquella que los humanos pueden percibir y reúne el espectro electromagnético con longitudes de onda de 400 nm y 700 nm (Giacomelli, 1998; Castilla, 2001; Ortega et al. 2012) estas son absorbidas por la clorofila y órganos de las plantas los cuales posibilitan el proceso antes mencionado en donde el efecto de la longitud de onda varía de acuerdo a las horas del día y fase de crecimiento de la planta (Rojas, 2015).

La radiación en niveles elevados incita debido al gran aporte energético que esta proporciona un aumento en la temperatura de las hojas lo que implica para las plantas un incremento en el consumo de agua lo cual genera que las hojas se sequen (Castillo, 2018).

2.7.2 Radiación PAR en las plantas

Conocida por sus siglas “PAR” también llamada radiación fotosintética activa, esta comprende longitudes de onda del espectro visible que es empleada por las plantas para llevar a cabo el proceso de fotosíntesis y con esto producir su alimento (carbohidratos), cuando las plantas presentan una gran cantidad de materia seca esto se puede traducir como una gran cantidad de intercepción solar por parte de planta (Raffo, 2014). La radiación fotosintética activa que es asimilada por los vegetales indica la cantidad de materia seca producida, así como la calidad de la producción (Raffo y Iglesias, 2004). Cuando se tiene una cantidad baja en la radiación visible se obtiene una disminución en la fotosíntesis, así como en el aporte de fotosintatos que son los encargados de la producción de biomasa (Hashemi y Herbet, 1992; Anzures, 2011).

De acuerdo con diversos autores (Nobel, 1983; Norman y Arkebauer, 1991; Jones, 1992) que realizaron estudios en donde demostraron mediante mediciones en laboratorio que en la hoja se presenta un mayor nivel en la

eficiencia fotosintética cuando se expone a niveles bajos de radiación. Esto es debido a que las hojas se saturan de luz cuando son sometidas a la radiación solar directa que ocurre en todas las hojas de plantas C3, sin embargo, las hojas de las plantas C4 no llegan a alcanzar la saturación, pero su eficiencia fotosintética también se incrementa a niveles bajos de radiación (Zermeño et al. 2005).

Por lo tanto, el rendimiento de una planta en un ciclo día, mes, año está condicionado a la cantidad de radiación fotosintética activa y la eficacia con la que esa energía es transformada por la planta en biomasa seca aérea (eficiencia en el uso de la radiación).

2.7.3 Humedad

El frecuente aumento en la temperatura dentro de viveros e invernaderos ha reducido la humedad relativa dentro de ellos, esto hace que se tenga un aumento en el déficit de vapor de agua y por consecuencia un estrés hídrico en las plantas (Ramon et al. 2005). Tener una apropiada humedad atmosférica dentro del vivero que producen plántulas ya sea en contenedor o en sistema tradicional es muy importante desde el punto de vista biológico y esto es por varias razones, cuando se tiene una baja humedad esto somete a las plantas a un estrés hídrico la cual es causada por que empiezan a transpirar de manera excesiva, es por ellos que tener una humedad adecuada ayudará a promover un rápido crecimiento, así como también tener un exceso de humedad va a promover el crecimiento de colonias de hongos fitopatógenos así como otras enfermedades en el vivero como lo son musgos y hepáticas. El reto que tiene un viverista es mantener las condiciones climáticas dentro del vivero para un adecuado crecimiento de las plántulas sin promover enfermedades que perjudiquen a toda una meta de producción.

2.7.4 Humedad Relativa

De acuerdo con Cuevas (1995), cuando se tiene un exceso de humedad relativa provoca un aumento deficiente del sistema radical, el cual no permite que la planta lignifique su tallo, en tanto que si tenemos una escasez de humedad esta limita a las plantas para que lleven de manera adecuada sus procesos metabólicos y puedan alcanzar la altura adecuada para su trasplante en campo. La humedad relativa que se recomienda tener en el área de producción va de los 50 a 70%. Cuando se presente una humedad relativa inferior al 50% humedecemos el piso y dejamos la malla sombra puesta para evitar la transpiración, cuando se presente elevada que es al 70% si contamos con ventiladores se encienden, evitamos el exceso de humedad en el suelo y realizamos un manejo de malla sombra para aumentar la temperatura.

El humedecimiento es utilizado de manera común y es necesario en climas que presentan temperaturas altas como lo son las zonas áridas y semiáridas, se usa de manera operativa para retardar la evapotranspiración, la humedad es conservada siempre y cuando se mantenga el vivero o invernadero cerrado en su totalidad, esto es debido a que la planta transpira lo cual agrega humedad al aire y es mucho más fácil mantener la humedad (Ritchie et al. 2002).

2.7.5 Temperatura

Es una magnitud física que se refiere a la intensidad de calor que presenta una sustancia o cuerpo, se define como la cantidad de energía que contiene su unidad de masa. (Tapia y Zapata, 2012).

La temperatura atmosférica es conocida como el grado de calor que se encuentra en el ambiente, esta proviene de la energía solar, la cual, depende del efecto de la influencia de los rayos solares, así como de la altura, presión, estación del año, hora del día, etc. (Sanz de Galdeano et al. 2006; Inzunza, 2012).

Es de suma importancia recordar que los viveros son una de las mejores opciones para obtener plantas, frutas y algunos otros cultivos durante un ciclo de

producción, ya que dentro de este se puede mejorar las condiciones climáticas (temperatura) necesarias para poder obtener plantas con un desarrollo adecuado (Díaz, et al. 2007).

Para que las plantas puedan realizar de manera adecuada sus procesos metabólicos, de acuerdo con García et al. (2009) la temperatura apropiada que se debe tener dentro del vivero debe ir de los 20° a 30°C, si se tiene temperaturas inferiores a las que se indican las plantas reducen su metabolismo, en cambio, si se presentan temperaturas extremas o excesivas provoca en las plantas que se descompensen en su metabolismo y por lo cual no realizan de manera adecuada la fotosíntesis, por lo cual algunas consideraciones que maneja el autor para el manejo de la temperatura son:

- Si se presentan temperaturas mayores a los 35°C se debe realizar un riego por microaspersión de manera ligera, si se cuenta con ventiladores dentro del vivero o invernadero encenderlos, así como humedecer el piso en áreas cerradas, pero si contamos con cortinas enrollables y ventanas cenitales tendremos que levantarlas.

Se debe tener en cuenta que la temperatura crea una afectación de manera directa a las funciones de las plantas como lo es el proceso de fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular, absorción del agua y nutrientes, así como la transpiración y las actividades enzimáticas que estas llevan a cabo etc. (Vega, 2014). Sin embargo, como se menciona anteriormente las reacciones biológicas consideradas de importancia no pueden progresar si tenemos temperaturas dentro del vivero por debajo de 0°C, o en su caso por encima de los 50°C. Cuando se tiene un límite inferior este corresponde a que tendremos una temperatura al punto de congelar el agua y cuando el límite es superior viene una desnaturalización de proteínas (Baudoin et al. 2002). De acuerdo con las especies, esta temperatura va variando, pero mayormente comprende de temperaturas entre los 10 ° y 25°C. De acuerdo con Baudoin (2002), las plantas pueden soportar temperaturas bajas durante un ciclo corto de

tiempo, pero es muy importante evitar que llegue acercarse a este valor considerado letal.

2.8 Atributos fisiológicos

Estos rasgos se pueden caracterizar como aquellos que no son observables y para identificarlos o medirlos requerimos de equipo especial para su realización, así como laboriosos procesos de laboratorios para la obtención de datos (Coll et al. 2019). De acuerdo con Ritchie et al. (2002), estos atributos son cambiantes ya que durante su proceso de cosecha hasta el momento de su plantación pueden cambiar de manera dramática y es por ellos que cualquier medición que se realice a la calidad fisiológica es algo instantáneo que es relevante, pero durante un tiempo muy corto.

2.8.1 El proceso de la fotosíntesis

La fotosíntesis es un conjunto de procesos autótrofos, el cual no solo compone la forma de nutrición del reino vegetal, sino por la base de la alimentación de todas las cadenas tróficas (Ocampo, 2014). Este figura de dos fases, la luminosa y oscura, en ellas ocurre la transformación de la materia inorgánica a orgánica sino también la transformación de la energía luminosa a energía química. Para que se pueda llevar a cabo el proceso de fotosíntesis es necesario que se cuente con los siguientes elementos: el sol que es la energía solar, gas carbonico -mejor conocido como dióxido de carbono (CO_2)-, el cual penetrará por medio de los estomas a las hojas, clorofila, agua y sales minerales las cuales son absorbidas por medio del sistema radical. Es por ello, que las plantas son autótrofas, ya que tienen la capacidad de capturar energía solar, fijarla en los enlaces de los compuestos que elaboran la energía del sol y fijarla en los enlaces de compuestos orgánicos que fabrican mediante la fotosíntesis (Fernández, 2014).

2.8.2. Clorofila

La clorofila es un pigmento verde existente en las plantas, algunas algas y bacterias, estas permiten llevar a cabo el proceso de la fotosíntesis que consiste en la transformación de energía luminosa a energía química (Mathews et al. 2013). Se considera una medida indirecta del estado nutricional de la planta, que, por la estrecha relación con el nitrógeno total de las hojas, se ha utilizado como un buen estimador de la condición del dosel en bosques de coníferas (Goel et al. 2004). Los factores exógenos importantes para que se lleve a cabo la transformación lumínica son: energía radiante, humedad, temperatura y estrés hídrico (Kaufmann y Linder, 1996). Las plantas sometidas a cualquier tipo de estrés tienden a perder capacidad fotosintética y disminuir el contenido de clorofila de sus hojas (Carter y Knapp, 2001).

2.8.3 Clorofila A Y B

En el proceso de la fotosíntesis en plantas superiores, los colorantes o pigmentos de suma importancia para la obtención de energía son las clorofilas dentro de las cuales se encuentran el tipo a y b (Richter, 1972).

Por lo cual, la clorofila total es simplemente la suma de las dos clorofilas antes mencionadas, la clorofila a es el pigmento principal, que realiza la transformación de la energía lumínica en energía química, esta es de vital importancia para el crecimiento de las plantas. En consecuencia, es considerado como un pigmento activo para esta (Cambrón, 2011).

Por otra parte, la clorofila b esta se encarga de absorber la luz en diferentes longitudes de onda a diferencia de la clorofila a, la luz es transferida

posteriormente a la clorofila a, y esta a su vez la transforma en energía, es por esto, que a la clorofila tipo b es considerada como un complemento accesorio y forma parte de las antenas colectoras (García et al. 2006). En relación con esto se estima a la clorofila como un síntoma indirecto en el que se puede observar el estado nutricional de las plantas (Goel et al. 2004). Al obtener como resultado una reducción en la clorofila esto nos indica que existe un perjuicio en el proceso fotosintético lo cual conduce a tener una reducción en la fijación de carbono, es por ello, la importancia de conocer el contenido de clorofila en las plantas cuando tenemos condiciones ambientales no óptimas para su desarrollo (González, 2009).

2.9 Atributos morfológicos.

Los atributos morfológicos en una planta hacen referencia al conjunto de características que van tanto de naturaleza cualitativa como cuantitativa, en su forma y estructura de la planta (Navarro et al. 2006). La composición de una planta que ha sido cultivada en vivero es el fruto de las características genéticas de las mismas desde su procedencia de la semilla, las condiciones ambientales a las cuales fue sometida dentro del vivero y a las prácticas de manejo que se le dio durante todo su proceso de desarrollo dentro de este (Mexal y Landis, 1990).

Cuando se habla de atributos del tipo cualitativo se refiere a aquellos aspectos en las plantas en donde se presentan daños o heridas, así como deformaciones en el sistema radical y presencia de tallos múltiples. En lo que refiere a lo cuantitativo estos se emplean de manera habitual para tener el control en la calidad de los lotes de plantas, en los que se evalúa la altura de la parte superior y el diámetro al cuello de la raíz (Salvador, 2003). Estos rasgos se pueden observar y medir con simpleza, en donde se toman los datos de altura de la parte aérea:

- Diámetro al cuello de la raíz
- Tamaño de la raíz

- Peso seco de raíz y tallo

El principal objetivo de medir los rasgos morfológicos de las plantas es el de predecir su desempeño una vez establecidas en campo, específicamente su supervivencia y crecimiento (Landis, 2000).

2.9.1 Altura

La altura es la distancia que existe desde el cuello de la raíz a la punta de la yema terminal, este mayormente se reporta en centímetros. Suele haber una baja correlación entre la altura de una planta y su supervivencia. Cuando las condiciones son favorables, la altura no se relaciona con la supervivencia, pero plantines altos pueden tener una supervivencia reducida cuando las condiciones son desfavorables (Buamscha et al. 2012).

2.9.2 Diámetro

Esta medición se realiza en el diámetro del cuello de la raíz, su expresión de medida es en mm. Se comprobará su desarrollo correspondiente a las alturas o diámetros normales requeridos para cada especie. Esta medición se lleva a cabo mediante un vernier que se coloca en el cuello de la raíz en donde el tallo se une con el sistema radical, principalmente la coloración es diferente al resto del tallo. De acuerdo a estudios realizados por Ritchie et al. (2002) menciona que el diámetro del tallo indica cómo será el rendimiento de las plantas una vez establecidas en campo, y por lo tanto, indicará la calidad de planta que se obtuvo en el vivero. De manera general a medida que se tenga un incremento en el diámetro del cuello de la raíz en la plántula el índice de supervivencia en la plantación aumentará.

2.9.3 Raíz

Esta se caracteriza por presentar ramificaciones de manera equilibrada, debe tener numerosas raicillas o pelos laterales, y abundantes terminaciones meristémicas, este es el órgano principal de la planta que se encuentra de manera subterránea y algunas de sus funciones son fijar a la planta al sustrato, absorber agua y nutrientes, transportar agua a la parte aérea de la planta etc.

Para obtenerlas de manera exitosa, en el establecimiento de las plantas en campo una de las características importantes es que tenga un buen crecimiento y un adecuado desarrollo de la raíz, ya que de esta depende el poder absorber agua y nutrientes como se menciona anteriormente estos son esenciales para que la planta pueda llevar a cabo diversos procesos fisiológicos. Las modificaciones que se tiene en el sistema radical como respuesta a la sequía es de gran importancia para la adaptación de esta al sitio de trasplante (García y Vargas, 2000).

Por otra parte, el volumen de la raíz esta supuesto principalmente por el número de raíces laterales, la fibrosidad y la longitud del sistema radical. De acuerdo con Quiroz et al. (2009) indican que ante un mayor número de raíces laterales y si estas presentan una mayor longitud, así como de su raíz principal esto puede significar un incremento en la estabilidad de la planta, así como una mejor capacidad de anclamiento en la parte superior e inferior del suelo para mantener con esto su estado hídrico, no obstante, una planta que presente una mayor fibrosidad tiene una mayor absorción y un mayor contacto suelo-raíz.

2.9.4 Calidad de planta

De acuerdo a la definición de Duryea (1985) es aquella que es capaz de alcanzar un desarrollo (supervivencia y crecimiento) óptimo en un medio determinado y, por tanto, cumplir los objetivos establecidos en un plan de restauración.

Por lo tanto, la calidad de planta es uno de los principales factores que influyen en el establecimiento y desempeño inicial en las plantaciones forestales (Birchler et al. 1998; O'Reilly et al. 2002; Mas, 2003), el cual se define como la capacidad que tienen las plántulas una vez extraídas del vivero de adaptarse a las condiciones edáficas de la zona en donde se pretenden realizar el establecimiento de las mismas (Rodríguez, 2008).

Lo anterior, depende de las características genéticas del germoplasma, así como el manejo que se le proporcione a la planta durante su proceso de reproducción en vivero (Prieto et al. 2009).

En el mundo el 25% de su superficie está formada por tierras áridas y un sexto de la población mundial vive en ellas (Villalón,2016). Estas tierras secas se están deteriorando a causa de la explotación abusiva de sus recursos naturales incluyendo la deforestación (SEPINEA, 2013).

De acuerdo con Harvey et al. (1996), Örlander et al. (1996) y Roldán et al. (1996), para llevar a cabo cualquier proyecto de restauración este dependerá de muchos factores entre los cuales están:

- El tipo de planta que se utilizará para la reforestación.
- El conocimiento si son compatibles con la zona.
- El método de preparación del suelo.
- Los cuidados que se deben tener después de la plantación.
- La calidad de planta que se produce en vivero.
- Así como el manejo de extracción que se le da para ser llevada a las zonas de reforestación.

Es por ello que, surge la necesidad de obtener plántulas de calidad aplicando nuevos métodos por esto esta fase resulta de suma importancia ya que es el único momento en el que se puede manipular o tener el control sobre variables que afectan la producción de planta, esto con el fin de garantizar su supervivencia

en campo, con fines de conservación, protección, así como obtención de productos maderables.

2.9.5 Biomasa

La biomasa puede ser determinada usando los métodos del volumen o del peso seco. Tallos y raíces son comúnmente pesados de forma separada. El peso seco de estas plantas se determina limpiando sus tallos y raíces, secándolos en un horno y finalmente procediendo a su pesaje. El volumen es determinado mediante el desplazamiento de agua (Burdett, 1979; Harrington et al. 1994).

2.9.5.1 Estimación de área foliar: Se determinó a partir del muestreo de dos hojas por planta, las cuales fueron preparadas en una hoja simple y prensadas para evitar errores durante el escaneo, posteriormente se analizaron mediante el programa image J.

2.9.5.2 Relación Biomasa seca radical/ Biomasa seca área: esta proporción se caracteriza por reflejar el desarrollo de la planta en vivero.

Este es el balance que existe entre la parte absorbente de la planta y su parte transpirante y de manera habitual se calcula a partir de la relación que existe entre sus pesos secos (Gil, 1997). Es de suma importancia este parámetro cuando tenemos que realizar una reforestación en zonas complicadas en donde el factor clima es importante para la supervivencia sobre todo es áreas con estaciones largas y secas como lo son las zonas áridas (Birchler, 2008).

2.9.5.3 Proporción biomasa seca área: es la relación de la biomasa aérea y biomasa seca total de la planta.

Un compromiso para la planta entre una mayor asignación de biomasa a la parte aérea, con la consecuente mayor capacidad para captar luz y dióxido de carbono, redundando en su mayor tasa de crecimiento.

2.9.5.4 Proporción de biomasa seca radical: es la relación de la biomasa seca radical y biomasa seca total de la planta.

Una planta con mayor proporción de biomasa en raíz tendría un crecimiento más lento, pero en cambio podría tener algunas ventajas (una mayor superficie de absorción) y una mayor supervivencia en hábitats donde los recursos del suelo (agua y nutrientes) son limitantes.

2.9.6 Edad

Las plantas jóvenes tienen gran probabilidad de tener un establecimiento ya que estas cuentan con un sistema radical abundante que se caracteriza por no presentar deformaciones que son causadas por la limitación de espacio en el envase en donde se produce, cuando se tienen plantas que han pasado demasiado tiempo en vivero estas presentan problemas de arraigo en campo ya que presentan un sistema radical lignificado. Es importante saber que la edad de la planta se asocia con el crecimiento morfológico de esta ya que como se mencionó anteriormente este depende del espacio de crecimiento que se tenga en el tipo de contenedor que se produzca (Prieto et al. 2009)

Cabe destacar que se deben de vigilar condiciones de sanidad, es decir, las plántulas deberán estar libres de plagas, enfermedades, heridas, follaje seco, daños físicos ocasionados por viento, etc. (Cibrián y Macías, 2008).

3 JUSTIFICACIÓN

Las condiciones actuales de la población mexicana, ha generado un importante deterioro en medio ambiente, los ecosistemas naturales han sido modificados de manera importante y los daños causados por la intervención humana son relevantes y se requieren medidas de atención urgentes, a través de la incorporación de métodos que permitan un uso forestal responsable (CONAFOR, 2011).

Como ya se mencionó uno de los principales problemas ha sido la deforestación y la fragmentación causado por el cambio de uso de suelo, que ha tenido como consecuencia la pérdida de hábitats y la modificación de los paisajes naturales (Sahagun y Reyes, 2018).

De ahí que, al estudiar las especies del MET sea necesario analizar lo relativo al uso y aprovechamiento de agua y los nutrientes; con especial énfasis en este trabajo se hace un tratado de la luz como un factor relevante. Ya que, por sus altas densidades (individuos/ha) las especies podrían tener diferentes capacidades para competir por luz. Es decir, que algunas especies podrían ser más tolerantes a la sombra que otras. Por lo tanto, esto repercutiría en su desempeño cuando son establecidas en campo en condiciones lumínicas a las que no están adaptadas. Por ejemplo, Las plantas se exponen a competición por recursos incluyendo competencia por luz con pastos invasores que interceptan la luz incidente y limitan el establecimiento y crecimiento de especies nativas. En este sentido, es necesario estudiar las respuestas morfológicas y fisiológicas las especies *Prosopis laevigata* y *Cordia bossieri* a distintas condiciones de luz para predecir su desempeño en ambientes con alta competencia lumínica.

De esta manera, la presente tesis, pretende generar un aporte en la producción de planta en una zona árida, especialmente de las especies de mezquite (*Prosopis laevigata*) y anacahuita (*Cordia bossieri*), a través de la manipulación de la luz por medio de las mallas sombras. Lo anterior, responde a la importancia de preservar estas variedades, frente a la amenaza que representan los factores

externos, como son el cambio climático y sus efectos, la urbanización no planificada, los eventos naturales.

Por lo cual, la investigación tiene una base científica, compatible con los fines de Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, especialmente en lo que refiere a ser “Ciencia por México”, a través de la protección del patrimonio ambiental y biocultural del país. De igual manera responde a la Visión Institucional de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, referente a generar propuestas pertinentes a la gestión sustentable de los recursos naturales en el entorno globalizante en que vivimos.

De tal forma, los resultados son un primer acercamiento de los métodos que puede dar paso a nuevas investigaciones o bien, a profundizar sobre las técnicas empleadas.

Por ello es fundamental, ubicar que durante los últimos años el cambio climático ha sido un factor que ha causado efectos negativos en diferentes regiones, no solo en el estado, sino que sus dimensiones escalan a nivel mundial. En consecuencia, tanto los cultivos hortícolas, ornamentales y forestales han presentado una directriz cada vez mucho más marcada a la obtención de una producción fuera de estación.

Por tanto, en la región de Linares, Nuevo León, debido a las altas temperaturas, se observa que es una zona en donde es complicado mantener el ciclo de producción en la temporada de verano, ya que, los factores que dificultan el desarrollo son el estrés hídrico y salinidad. Por lo cual, el empleo de estas mallas sombras permitirá disminuir la intensidad lumínica y aumentar la humedad relativa dentro del vivero ya que las temperaturas máximas que se registran varían entre los 40 a 45°C a la sombra que se presentan durante los meses de Julio y Agosto, de esta forma el empleo de la malla sombra permitirá un incremento en la calidad de planta.

4 HIPÓTESIS

La manipulación de distintos ambientes lumínicos tendrá un efecto diferenciado en las especies *Prosopis laevigata* (habito heliófilo) y *Cordia boissieri* en cuanto a su germinación y atributos morfológicos de longitud del tallo (H), diámetro del cuello de la raíz (DCR), biomasa aérea (BA), biomasa radical (BR), y biomasa total (BT).

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de diferentes ambientes lumínicos en la germinación y crecimiento de plántulas en vivero de *Prosopis laevigata* y *Cordia boissieri*.

5.2 Objetivos específicos

Evaluar el efecto de diferentes ambientes lumínicos en la germinación de *Prosopis laevigata* y *Cordia boissieri*.

Revisar el efecto de diferentes ambientes lumínicos en los atributos morfológicos y fisiológicos, de longitud del tallo (L), diámetro del cuello de la raíz (DCR), biomasa aérea (BA), biomasa radical (BR) y biomasa total (BT) de *Prosopis laevigata* y *Cordia boissieri*.

6. MATERIALES Y METODOS

6.1 Ubicación

El presente trabajo se realizó en el vivero forestal “Linares” ubicado el Municipio de Linares, Nuevo León (Noreste de México), sobre Rio Pílon, Villaseca, ($24^{\circ} 51' 00.6 \text{ N } 99^{\circ} 33' 48.8 \text{ W}$; 361 msnm).

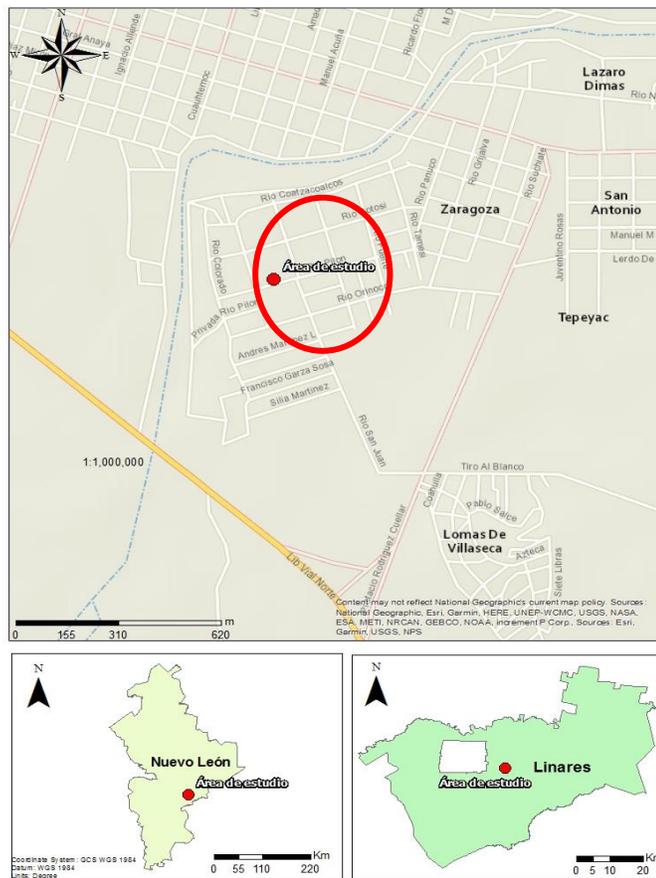


Imagen 6 Ubicación vivero Linares

6.1.1 Clima

Según la clasificación de García y Vidal (1981), que modificaron la clasificación hecha por Koppen (1938), a Linares le corresponde la fórmula climática (A) C (1) (X1) m (W" 0)(3> a(4) e(5). Esto significa que Linares tiene un clima subhúmedo y moderadamente caliente, su temperatura media anual es superior a los 18°C y las temperaturas en el más frío se ubican entre -3°C y 18°C. Las máximas precipitaciones pluviales caen en verano, pero son interrumpidas por un período seco, (La canícula). La precipitación media anual (de los últimos 62 años de registro) es de 812.31 mm. La temperatura media anual que comprende los meses de enero a diciembre es de 22.4°C.

De mayo a octubre cae el 78% de la precipitación anual o bien de abril a octubre el 85%. Las máximas temperaturas (40°C a 45°C a la sombra), se presentan en los meses de julio y agosto. A partir del mes de septiembre, las temperaturas empiezan a disminuir paulatinamente hasta el invierno (por lo regular seco), pudiendo alcanzar -7°C (Villalón y Flores, 1992).

6.2 Siembra de material vegetativo

Se utilizaron semillas de *Prosopis laevigata* y *Cordia boissieri* procedentes de áreas urbanas en la localidad de Linares, Nuevo León. Las semillas fueron sembradas en bolsas de polietileno negro de 10 x 23 cm (1806 cm³ de volumen) con una mezcla de sustrato compuesta por 70% tierra negra de monte, 30% de perlita y 10% de abono orgánico (hojas, humus). Las semillas de *Prosopis laevigata* recibieron un tratamiento de escarificación previo a la siembra mediante inmersión en agua corriente a 95°C durante 1.5 minutos.

6.2.1 Trabajo en vivero

Para cada especie, se produjeron 600 plantas en total, las cuales se dispusieron en platabandas de 1.30 x 4.30 m. Las platabandas fueron divididas en tres secciones a las que se asignó a una condición ambiental de luz distinta: cielo abierto, malla sombra al 40% y malla sombra al 60.

Cada una de las tres condiciones ambientales de luz tuvieron cuatro repeticiones de 50 plantas (200 plantas en total por tratamiento y especie).

El cultivo de las plantas tuvo una duración de 17 semanas. Durante el cultivo, las plantas se regaron dos veces por semana y ocasionalmente tres veces por semana en los días cuando la temperatura superaba los 35°C. Las variables climáticas que se registraron son la humedad relativa y la temperatura que se midieron por medio de un higrómetro. El cual se colocó en cada uno de los tratamientos para el registro en donde se tomó lectura de ambas variables a las 8am, 12 pm y 6pm durante todo el periodo de producción con la finalidad de tener un control del microclima de cada uno de los tratamientos.

6.2.2 Preparación de semillas

La metodología utilizada para la especie *Prosopis laevigata* será un tratamiento hídrico a temperaturas de 95°C durante 1.5 minutos. En cuanto a la especie *Cordia boissieri* de acuerdo con la metodología utilizada en el vivero Linares no necesita tratamiento de escarificación ya que es una especie que presenta una adaptación positiva y germina sin dificultad.

6.3 Fertilización

Asimismo, se realizaron dos aplicaciones de fertilizantes a las cuatro semanas y ocho semanas después de siembra, acorde con las practicas convencionales del vivero. Se utilizó un fertilizante hidrosoluble (15%) N (30%) P, (15%) K razón de 0.8 g por litro de agua.

6.4 Porcentaje de germinación

El porcentaje de germinación se obtuvo por regla de tres, considerando el número de semillas de cada tratamiento como el 100 %.

$$\%G = \frac{\text{No. de planta } G}{\text{No. total de semillas sembradas}} \times 100$$

6.5 Evaluación de crecimiento y distribución de biomasa

Al finalizar el cultivo se cosecharon 24 plantas por tratamiento (seis por repetición) para determinar los siguientes atributos morfológicos: altura del tallo (H), diámetro del cuello de la raíz (DCR), biomasa aérea (BA), biomasa radical (BR), y relación (BSR/BSA). La determinación de biomasa se realizó después de haber lavado cuidadosamente la parte radical, separando las plantas en hojas, tallo y raíz, y secado a 65°C por 72 horas. A partir de los datos de biomasa se calculó el índice Raíz: Tallo, así como la proporción de biomasa aérea y proporción de biomasa radical, esto con respecto a la biomasa total de la planta (Hunt et al., 2002).

$$R \text{ BSR/BSA} = \frac{BSR(g)}{BSA(g)}$$

$$PBA \% = \frac{BSA(g)}{\text{Peso seco total}(g)} \times 100$$

$$PBR \% = \frac{BSR(g)}{\text{Peso seco total}(g)} \times 100$$

6.6. Determinación de área foliar y concentración de clorofilas

Al final del cultivo se determinó el área foliar en 24 plantas por tratamiento (seis por repetición) seleccionadas aleatoriamente. Las hojas fueron separadas de cada planta seleccionada y escaneadas. La superficie individual se midió mediante el uso del software image J.

La concentración, de clorofila *a* y clorofila *b*, se determinó por colorimetría siguiendo la metodología descrita por Santelices et al. (2013), que consiste en la destrucción material de área foliar para obtener un gramo de peso fresco y posteriormente diluirlo con acetona al 80% y 20% agua, en seguida, el extracto fue filtrado con papel Whatman. A partir del extracto de clorofila obtenido, se preparó una dilución de tal forma que la lectura de absorbancia a 660 nm sea entre 0.3 y 0.4 unidades de densidad óptica. Posteriormente determinar las concentraciones (mg g^{-1}) de clorofila *a* y *b* en el extracto mediante las siguientes ecuaciones:

$$\text{concentración de clorofila } a, Cl_a = 12.21A_{663} - 2.81A_{645}$$

$$\text{concentración de clorofila } b, Cl_b = 20.13A_{645} - 5.03A_{663}$$

6.7 Análisis estadísticos.

Todos los análisis se realizaron por especie de forma individual. El efecto del tratamiento de luz en las variables respuesta se probó mediante un ANOVA de una vía. Para cada variable se comprobaron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas mediante las pruebas de Shapiro Wilk y Levene, respectivamente. En casos requeridos cuando los datos no presentaron una distribución normal se realizó la transformación a logaritmo natural, específicamente en el caso de la altura y diámetro en el mezquite. De lo anterior, se observó que la altura no presentó homogeneidad, por lo cual se realizó una

prueba no paramétrica mediante la prueba de Kruskal-Wallis. Cuando el efecto fue significativo, se realizó una comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). Los datos se presentan en medias \pm error estándar. Todos los análisis estadísticos se realizaron con el programa SPSS.

7. RESULTADOS

7.1 Germinación

En general se obtuvo el porcentaje de germinación para la especie *Prosopis laevigata* bajo los tratamientos:

- cielo abierto (CA) 40.5%
- malla sombra 40% (M40) 32%
- malla sombra 60% (M60) 29.5%

Probabilidad (P 0.06)

Por su parte, para la especie *Cordia boissieri* en:

- cielo abierto (CA) 76.5%
- malla sombra 40% (M40) 65.5%
- malla sombra 60% (M60) 70%

Probabilidad (P 0.12)

De lo anterior se desprende, que de acuerdo a los resultados estadísticos, en la aplicación de los tratamientos las especies no fueron afectadas por el ambiente lumínico ($p > 0.05$).

7.2 Atributos morfológicos y fisiológicos

Al final del cultivo, se encontró que las variables de crecimiento, partición de biomasa y área foliar en ambas especies se modificaron de acuerdo con la condición de luz en la que se desarrollaron (Cuadro 1). La concentración de clorofilas fue afectada por el ambiente lumínico únicamente en *Cordia boissieri*; aunque, en *Prosopis laevigata* la condición de luz afectó marginalmente la concentración de clorofila a.

Cuadro 1 Valores de P de efecto del ambiente lumínico en las variables de crecimiento, área foliar y concentración de clorofilas en dos especies arbóreas del Matorral Espinoso Tamaulipeco

Variable	<i>Prosopis laevigata</i>	<i>Cordia boissieri</i>
Altura	0.390	0.005
DCR	0.003	0.001
PBA	0.000	0.006
PBR	0.000	0.001
Raíz:Tallo	0.000	0.000
Área foliar	0.004	0.001
Clorofila a	0.061	0.001
Clorofila b	0.820	0.003

7.2.1. Altura y Diámetro para las especies *Prosopis laevigata* y *Cordia boissieri*

En lo que respecta a la altura en las plantas de *Prosopis laevigata* no se presentó una diferencia significativa. Sin embargo, visualmente bajo los tratamientos a cielo abierto y malla sombra al 40%, se infiere un mejor rendimiento (Cuadro 2). Por el contrario, las plantas cultivadas bajo malla sombra al 60% registraron un crecimiento en altura de 13% menos que en los tratamientos de mayor intensidad lumínica. El diámetro del cuello fue superior en condiciones de cielo abierto, por lo que, en conjunto con la altura originó ejemplares más robustos.

Por otra parte, *Cordia bossieri* obtuvo un mayor desarrollo en altura bajo condiciones de sombra (Cuadro 2). Las plantas cultivadas en ambas condiciones de sombra (40 y 60%) tuvieron un crecimiento en altura entre 20 y 32 % mayor que aquellas en condiciones de cielo abierto. Por el contrario, las plantas bajo condiciones con mayor luminosidad (40 de sombra y cielo abierto) presentaron significativamente mayor crecimiento en diámetro en comparación con aquellas que se desarrollaron bajo condiciones de malla sombra al 60%.

7.2.2. Área foliar

El área foliar varió significativamente en función del ambiente lumínico, aunque la respuesta fue distinta en cada especie. Por un lado, en *Prosopis laevigata*, el área foliar fue alrededor de 45%% menor cuando las plantas crecieron en ambas condiciones de sombra, comparado con las plantas cultivadas a cielo abierto (Cuadro 2). Por el contrario, las plantas de *Cordia bossieri* que crecieron a cielo abierto presentaron menor área foliar ($\approx 70\%$) que aquellas que se cultivaron en ambos tratamientos de sombra.

Cuadro 2 Valores promedio de las variables de crecimiento, asignación de biomasa, Clorofila, Medias con letras iguales entre las filas no son diferentes significativamente ($P>0.05$)

Tratamiento	Altura (cm)	DCR(mm)	AF (cm ²)	Clorofila a (mg.g)	Clorofila b (mg.g)
<i>Prosopis laevigata</i>					
Ca	22.93±6.29	2.80±0.69a	76.58±16.69a	0.98±0.16	0.22±0.03
M40	22.27±6.89	1.87±0.49 b	45.20±13.18b	1.27±0.21	0.33±0.08
M60	20.01± 7.42	1.52±0.33b	43.40±13.98b	1.05±0.17	0.33±0.13
<i>Cordia bossieri</i>					
Ca	15.58±2.24b	4.14±0.68a	97.71±22.38b	0.48±0.05c	0.14±0.02a
M40	20.48±3.04a	3.96±0.67a	167.65±28.13a	0.60±0.05b	0.16±0.01a
M60	18.57±3.77a	3.15±0.47b	159.87±30.85a	0.76±0.07a	0.20±0.01b

7.2.3 Clorofila

La concentración de clorofilas (*a* y *b*) en ambas especies fue mayor en condiciones de menor intensidad lumínica (Cuadro 2). En *Prosopis laevigata*, ambas condiciones de sombra indujeron concentraciones similares de clorofilas, pero con diferencias sobre las plantas a cielo abierto. En cambio, en *Cordia boissieri*, la concentración de clorofilas incrementó de manera lineal a medida que la intensidad lumínica fue menor, mostrando diferencias entre todos los tratamientos (M60>M40>CA). No obstante, este efecto solo se observó solo para concentración de clorofila *a*.

7.2.4 Asignación de biomasa

Referente a la asignación de biomasa en *Prosopis laevigata*, las plantas tuvieron un 60% de asignación de biomasa bajo sombra presentaron una mayor biomasa seca foliar que aquellas que se desarrollaron a plena exposición solar la cual registro un valor 52 % de BSA. Tal respuesta fue contraria en el BSR pues obtuvo una acumulación del 47% de biomasa en la raíz la cual supera el valor de las plantas que se desarrollaron bajo sombra principalmente en aquellas en malla sombra al 60 % obteniendo un valor del 30% de biomasa total en dicho tejido.

No obstante, el BSA mostró que las plantas asignaron más de la mitad de su biomasa a la parte foliar, por lo que superó en más del 50 % las cifras arrojadas por las otras condiciones de luz.

En lo que respecta a la asignación de biomasa en *Cordia boissieri*, las plantas que se desarrollaron bajo sombra presentaron más del 50% de asignación de biomasa seca foliar que aquellas plantas que tuvieron una exposición solar la cual registro un valor del 41%. Este obtuvo una respuesta contraria en el BSR, obteniendo una acumulación cerca del 59% de biomasa en su raíz, la cual supera el valor de las plantas que se desarrollaron bajo sombra al igual que aquellas en

malla sombra del 60%. Sin embargo, el BSR mostró que las plantas asignaron más de la mitad de su biomasa a la raíz. (Figura 1).

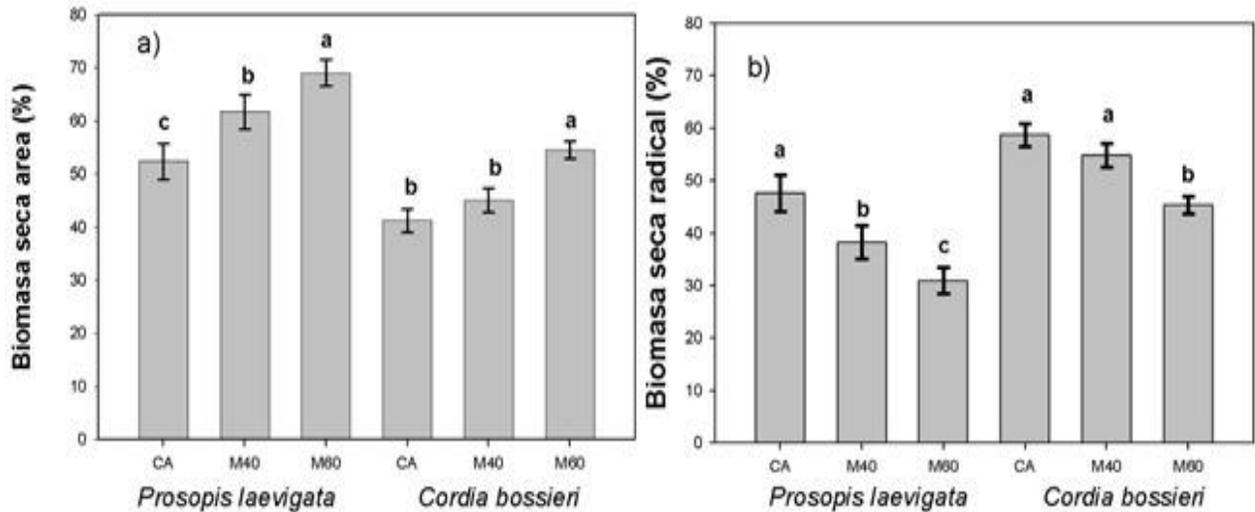


Figura 1 Fracciones asignación de biomasa aérea (a) y radical (b) en plantas de *Prosopis laevigata* y *Cordia bossieri* cultivadas en diferentes ambientes lumínicos de vivero: cielo abierto (CA), malla sombra al 40% (M40) y malla sombra al 60% (M60).

La relación entre la biomasa seca radical y el área obtenida a cielo abierto en sombra duplicó el valor que se obtuvo en sombra (Figura 2). Mientras que en el ambiente sombreado la distribución preferencial hacia los órganos aéreos favorece la formación de mayor área foliar, lo que le confiere a un aprovechamiento más eficiente de la luz.

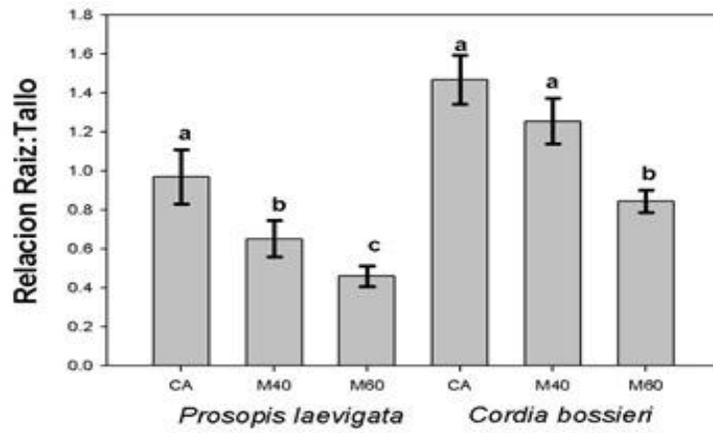


Figura 2 Patrón de asignación de biomasa relación Biomasa seca radical/Biomasa seca aérea (BSR/BSA), en plantas de *Prosopis laevigata* y *Cordia bossieri* cultivadas en diferentes ambientes lumínicos de vivero: cielo abierto (CA), malla sombra al 40% (M40) y malla sombra al 60% (M60)

8. DISCUSIÓN

Durante la estancia de las plántulas de anacahuita y mezquite en el vivero, las diferentes condiciones de luz modificaron su crecimiento, morfología. Dentro de los factores principales que modificaron a las plantas fue el microambiente al que se sometieron específicamente en lo que concierne a la intensidad lumínica.

La sombra también ha producido plantas de mayor tamaño en otras plantas leñosas como *Enterolobium contortisiliquum* (Scalon et al., 2006) y *Theobroma grandiflorum* (Da silva et al. 2007). El incremento en altura que experimentan las plantas que se desarrollan bajo condiciones de sombra es una respuesta morfogenética típica (Smith y Whitelam, 1990) que corresponde a un mayor alargamiento celular que ocurre como consecuencia de una escasa adaptación a baja luminosidad (Rego y Possami, 2006).

Las condiciones de malla sombras (Cuadro 1) favorecieron el crecimiento de los ejemplares que se estudiaron en especial en la especie anacahuita, cuyo crecimiento fue superior en condiciones de sombra específicamente bajo la malla sombra al 40%.

Sin embargo, el mezquite obtuvo un mejor rendimiento bajo condiciones de luminosidad superando aquellas plantas que desarrollaron bajo sombra. Al respecto las mallas sombras promovieron que de manera morfológica las plantas manifestaran las respuestas fenotípicas de aclimatación de una especie pionera, ante un ambiente heterogéneo de luz (Pearcy, 2007).

Se observó niveles bajos de radiación que se tradujeron en una mayor asignación de biomasa en la parte aérea. Mientras, que los niveles altos de radiación favorecieron a la asignación de biomasa a la raíz. De esta manera, las plantas que crecieron en las mallas o bajo sombra, en más de un 55% de la biomasa se asignó a la parte aérea que corresponde a las hojas y tallo, y en más de un 45% de la biomasa fue asignada a la raíz (Gráfica 1).

En tanto a los resultados obtenidos en clorofila, se observa coincidencia con los planteamientos de Carvalho et al. (2006) dado que obtuvieron valores altos en el contenido de clorofila en condiciones de menor luminosidad. De acuerdo con Kozlowski et al. (1991) los valores de la clorofila total se controlan por la luz de tal manera que cuando se tienen intensidades más elevadas de irradiación las moléculas de clorofila son más expuestas a procesos fotooxidativos.

Por su parte, la biomasa seca foliar y la del sistema radicular fueron los componentes con mayor afectación por el ambiente lumínico de crecimiento y se adaptaron al modelo de distribución de fotoasimilados; en la cual, las plantas que crecen en altas condiciones de luz translocan la mayor proporción de su biomasa a las raíces mientras que las que se encuentran en condiciones de sombra los translocan hacia sus brotes (McAlpine y Jesson, 2007), de acuerdo con Almeida et al. (2005) esta diferencia en la distribución de fotoasimilados respondería a las necesidades lumínicas (dependientes del área foliar) que tienen las plantas en sombra, y a los requerimientos de agua y nutrientes (dependientes del desarrollo radical) en condiciones de alta luminosidad (Gráfica 2).

Como se señala Carvalho et al. (2006) una menor relación entre BSA/BSR sugiere una mayor capacidad para la absorción de nutrientes, lo que garantiza la posibilidad de soportar las mayores tasas fotosintéticas y de transpiración que normalmente suceden en los ambientes más iluminados.

Por otra parte, a nivel foliar, las variaciones en la disponibilidad de luz inducidas en cada condición que fue evaluada promovieron cambios morfológicos de tal manera que una escasa disponibilidad de luz hizo que la parte superior de las plantas se tuviera un incremento en su área foliar (AF). Entre tanto, con una mayor cantidad de luz se derivó un incremento de AF esto para la especie de mezquite. Por otro lado, para la anacahuita fue lo contrario, ante mayor cantidad de luz mostró un decremento en su (AF). Por lo tanto, obtuvo mejores resultados en condiciones de sombra en donde su (AF) fue superior como se menciona anteriormente. Lo descrito con antelación se refleja en los resultados de malla sombra, así como en los de cielo abierto o luminosidad (Cuadro 1).

En consecuencia, a los hallazgos del presente trabajo, coinciden con los planteamientos de diversos autores que argumentan sobre el efecto que se obtuvo en la parte superior de las plantas corresponde a cambios morfofuncionales que estas mismas promueven con la finalidad de utilizar de manera más eficiente la radiación disponible y con esto poder mantener una capacidad fotosintética adecuada, lo que depende de la misma, ya sea aumentando cantidad de superficie foliar o a través del incremento en la densidad de hojas (Cheng et al. 2013; Yang et al. 2013, Tang et al. 2015).

De acuerdo con Pearcy (2007) el efecto positivo de las mallas sombras podría atribuirse a la promoción de un balance más adecuado entre las ganancias que se tiene de carbono, esto se debe a que en sombra las plantas tienen una baja disponibilidad de luz lo que limita la ganancia de carbono, pero reduce tasas de respiración, por lo que las plantas mantienen un balance positivo de carbono.

9. CONCLUSIÓN

Las plantas de *Prosopis laevigata* y *Cordia bossieri* tienen una buena capacidad de aclimatación a diferentes ambientes lumínicos durante su periodo de crecimiento en el vivero. Las plántulas de *Prosopis laevigata* que crecieron a cielo abierto son las plantas más altas y con mayor diámetro, mayor cantidad de área foliar, pero con menor contenido de clorofila, sin embargo, aquellas plantas cultivadas bajo malla sombra demostraron una mayor concentración de clorofila lo cual demuestran poseer una mayor plasticidad morfológica. Las plantas de *Cordia bossieri* que se desarrollaron bajo condiciones de sombra fueron las que obtuvieron un mayor incremento en su altura, pero menor crecimiento en diámetro, mayor cantidad de área foliar, así como un mayor contenido de clorofila que aquellas plantas cultivadas con mayor luminosidad.

Una elevada exposición a la luz en las plántulas de *Prosopis laevigata* aumenta el crecimiento, incrementa el área foliar, pero como respuesta contraria disminuye la asignación de biomasa área, pero estimula una mayor asignación de biomasa radical, un sombreado con malla sombra independientemente de su porcentaje de luminosidad promueve una mayor asignación de biomasa seca área, pero disminuye su asignación de biomasa seca radical.

Las plántulas de *Cordia bossieri* con una elevada exposición a la luz presentó una reducción en su crecimiento y en la formación de biomasa área, pero estimula una mayor asignación de biomasa radical, un sombreado con malla sombra promueve un crecimiento superior, una mayor asignación de biomasa área pero una disminución en su asignación de biomasa radical.

Los hallazgos alcanzados de este estudio tienen implicaciones prácticas para las personas que se encargan de los trabajos de reforestación, ya que pueden manipularse características de las plántulas en vivero de acuerdo a especificaciones morfológicas y fisiológicas las cuales estarán definidas por las condiciones de suelo.

Desde el punto de vista ecológico las plantas poseen un rango de adaptabilidad a diversos ambientes lumínicos. Lo cual, representa una ventaja en su establecimiento en campo y supervivencia.

En términos de efecto práctico, de acuerdo a los resultados estadísticos obtenidos para ambas especies, se recomienda llevar a cabo la producción de planta de manera particular, en el caso de la especie *Prosopis laevigata*, se observó un mejor desarrollo bajo condiciones de alta luminosidad ya que es donde obtuvo un mejor rendimiento.

En cambio, para *Cordia boissieri* la producción de planta de esta especie se propone realizar bajo malla sombra a un porcentaje del 40%. Dentro de este tratamiento la especie obtuvo los mejores resultados que mejor estiman la calidad de los plantines.

10. ANEXO FOTOGRÁFICO

Prosopis laevigata



Cordia bossieri



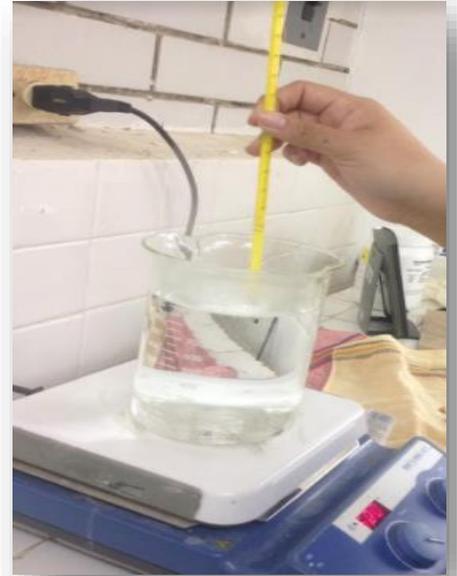
Establecimiento de platabandas, instalación de malla sombras en los tratamientos M40 y M60 %, preparación de bolsas de polietileno para la colocación de semillas

ESCARIFICACIÓN

“Prosopis laevigata”



Se utilizo un vaso de precipitado y se saturo hasta un litro de agua al cual se le midió la temperatura hasta llegar al **punto de 95 °C** con un termómetro.



Peso de semilla en bascula calibrada de la especie *Prosopis laevigata*



Colocación de semillas en el utensilio textil que se utilizó para sumergir las semillas en agua.



Escarificación de las semillas de *Prosopis laevigata* en agua a temperatura de 95°C durante **1 minuto 30 segundos**.



Secado de semillas en laboratorio durante 8 horas, para posteriormente llevar a siembra.



Siembra de las especies *Prosopis laevigata* y *Cordia bossieri*



Proceso de **germinación** de las especies *Prosopis laevigata* y *Cordia bossieri*



Selección completamente al azar de las plantas seleccionadas para la toma de muestras durante el ciclo del proyecto.



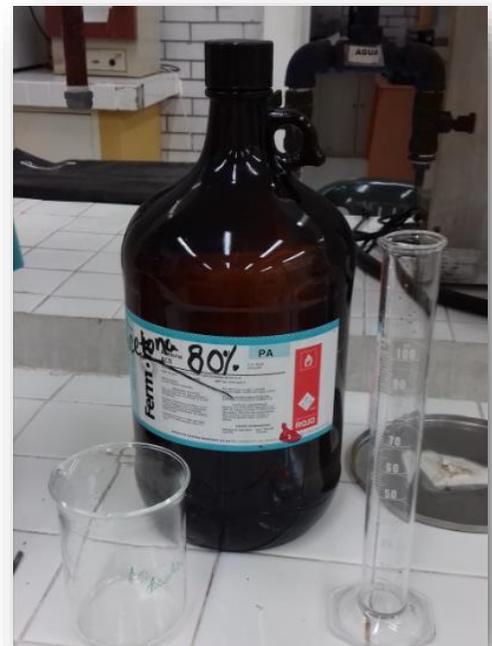
Toma de datos **altura y diámetro** para las especies *Prosopis laevigata* y *Cordia bossieri*

Concentraciones de clorofila (a y b) por medio de la Colorimetría





Selección de las plantas marcadas, extracción de un gramo de material vegetal por planta y especie, marcado de bolsas plásticas, guardar en nevera con bloques de hielo para mantener peso fresco de las hojas (no mayor a 2 horas).





Dstrucción de material vegetal 1 gramo, preparación de solución con acetona al 80% y 20% de agua, mezcla de solución con 1 gramo de materia vegetal fresco, filtrado con papel watman, preparación de dilución lectura entre 0.3 y 0.4 nm

11. BIBLIOGRAFIA

Aide, T. M., Ruiz J. M. C., Grau, H. R., (2010). What is the state of tropical montane cloud forest restoration En: Bruijnzeel, L. A., Scatena, F. N., Hamilton, L. S. (Eds.), Tropical Montane Cloud Forests Science for Conservation and Management. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 101-110.

Alanís, G. (1981). Aprovechamiento de la flora nativa en el estado de Nuevo León. *In*: González Vicente, C.E., I. Casas Días y R. Padilla Ibarra (Editores). Memoria de la Primera Reunión sobre Ecología, Manejo y Domesticación de Plantas Útiles del Desierto. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, SARH, Monterrey. Publicación Especial 31:220-227.

Alanís, R. E., Jiménez P. J., González T. M., Yerena Y. J., Cuellar R. G., Mora O. A., (2013). Análisis de la vegetación secundaria del matorral espinoso tamaulipeco, México. *Revista Internacional de Botánica Experimental*. 82: 185-191.

Almeida, L., Da Maia N., Ortega A., y Ângelo. A. (2005). Crescimento de mudas de *Jacaranda puberula* Cham. En Viveiro submetidas a diferentes niveis de luminosidade. *Ciencia Floresta* 15(3): 323-329.

Álvarez, A. C., Barradas, S. I., Ponce G. O., y Williams, L. G. (2014). Soil seed bank, seed removal, and germination in a seasonally dry tropical forest in Veracruz, Mexico. *Botanical Sciences* 92(1): 111-121.

Anaya, L. A. (1993). Invernaderos, una alternativa prometedora para las zonas áridas de México. *Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología*. 70 p.

Anzures, C. C. (2011). Evaluación en invernadero de películas nanoestructuradas y su efecto sobre las condiciones microambientales, desarrollo y productividad en pepino (*Cucumis sativus* L.). Centro de Investigación en Química aplicada, Departamento de plásticos en la Agricultura, Saltillo, Coahuila, México, 119 pag. Falta información

Arnold, F. E. (1996). Manual de vivero forestal: Elaborado para algunas especies forestales nativas de la zona templada del Sur de Chile. Documento Técnico CONAF-DED. 123 pp.

Basave, V. E., Rosales, M. S., Sigala, R. J., Calixto, V. C., y Sarmiento L. H., (2017). Cambios morfo-fisiológicos de plántulas de *Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M. C. Johnst. ante diferentes ambientes de luz en vivero. Revista Mexicana de Ciencias Forestales Vol. 8 (44).

Baskin, J.M., Baskin, C.C. (2004). A classification system for seed dormancy. Seed Science Research 14: 1-16.

Baskin, J.M.,y Baskin, C.C. (1998). Seeds, Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. Annals of Botany , Volumen 86, Number 3 ,San Diego. 705-707 pp.

Baudoin, W. C. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo, WC Baudoin. Facultad de Agronomía, Universidad de la Republica, Montevideo Uruguay, Dirección de Producción y Protección Vegetal, P. imprenta FAO Roma. 27 p.

Baudoin, W., Grafiadellis, M., Jiménez, R., La Malfa, G., Marínez-García, P., Nisen, A., ... y Garnaud, J. (2002). El cultivo protegido en clima mediterráneo: Estudio FAO Producción y Protección Vegetal 90.

Birchler, T. A., Royo, A., & Pardos, M., (2008). La planta ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Forest Systems, 7(1), 109-121.

Birchler, T., R. W., Rose, A. R., y Pardos. M., (1998). La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. [Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales](#) . 7 (1, 2):109-121.

Bremer, L. L., y Farley, K. A., (2010). Does plantation forestry restore biodiversity or create green deserts? A synthesis of the effects of land-use transitions on plant species richness. Biodiversity and Conservation 19, 3893-3915.

Buamscha, M. G., Contardi, L. T., Dumroese, R. K., Enricci, J., Escobar, R., Gonda, H., y Wilkinson, K. (2012). Producción de plantas en viveros forestales. Buenos Aires, Argentina, Edición; 1ª, pag 195.

Burdett, N. (1979). New methods for mensuring root growth capacity and their value in assessing Lodgepole pine stock quality. Canadian. Journal Forest. Research 9: 63-67.

Burgos, A. G. (2018). Análisis y recomendación de parámetros y materiales para el diseño de ambiente protegido para la reproducción de café por medios asexuales en la empresa Micro Plantas, ubicada en Desamparados de Alajuela. Instituto Tecnológico de Costa, Vicerrectoría de Docencia, Escuela de Ingeniería Agrícola, Tecnológico de Costa Rica, Cartago, 87 p.

Bushman, B.S., Johnson, D.A., Connors, K.J., y Jones, T.A. (2015). Germination and seedling emergence of three semiarid western North American legumes. Rangeland Ecology & Management 68(6): 501-506.

Cambrón S. V. H., España B. M. L., Sánchez V. N. M., Sáenz R. C., Vargas H. J. J., y Herrerías D. Y. (2011). Producción de clorofila en *Pinus pseudostrobus* en etapas juveniles bajo diferentes ambientes de desarrollo. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 17(2), 253-260.

Carter, G., y Knapp, A. (2001). Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. American Journal of Botany 88(4): 677–684.

Carvalho, N., Cl. Pelacani, M. de Souza y I. Crepaldi. (2006). Crecimiento inicial de plantas de licuri (*Syagrus coronata* (MART.)(BECC.) en diferentes niveles de luminosidad. Revista Arvore 30(3): 351-357.

Castilla, N. (2001). La radiación solar en invernadero en la costa Mediterránea Española. En J. C. López, P. Lorenzo, N. Castilla, J. Pérez-Parra, J. I. Montero, E. Baeza, A. Antón, M. D. Fernández, A. Baille y M. González-Real (eds.).

Incorporación de Tecnología al Invernadero mediterráneo. Almería, España: pp. 35-49.

Castilla, N. (2005). El medio radicular: suelo y sustratos. Invernaderos de plástico. Tecnología y Manejo. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. España, 255-306.

Castillo, L. A. A. (2018). Invernadero híbrido malla-sombra para el control de temperatura con ventilación natural. Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de Ingeniería, Centro Universitario Querétaro, Qro. 113 p.

Chauchard L. (comp.). 2016. Casos ejemplares de manejo forestal sostenible en Chile, Costa Rica, Guatemala y Uruguay. Santiago de Chile Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 246 p.

Cheng, X., M. Yu, G. G. Wang, T. Wu and C. Zhang. 2013. Growth, morphology and biomass allocation in response to light gradient in five subtropical evergreen broadleaved tree seedlings. *Journal of Tropical Forest Science* 25(4): 537-546.

Cibrián, D., García, D. S., y Macías, B. D. J. (2008). Manual identificación y manejo de plagas y enfermedades en viveros forestales. Zapopan, Jalisco, México. 144 p.

Coll, J. B., Rodrigo, G. N., García, B. S., y Tamés, R. S. (2019). Fisiología vegetal. Ciencia, Técnica y Naturaleza, Comercial Grupo ANAYA, SA. Edición 01, 568 p.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2011). Programa Estratégico Forestal para México 2025.

CONABIO (2007). Principales especies de flora y fauna en el Noroeste de México. Asociación Nacional de Ganaderos Diversificados criadores de Fauna. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad 40p.

CONIF. (2002). Manual de Viveros Forestales. Serie de documentación no. 45. Convenio CONIF – Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Programa de Fortalecimiento a la Investigación y Protección Forestal. Bogotá, Colombia. 80 p.

Cuevas R.R.A. (1995). Calidad de la planta. In. Viveros forestales. Pub. Esp. 3. Centro de investigación disciplinaria en conservación y mejoramiento de ecosistemas forestales INIFAP. México. D.F. 112p.

Da Silva, R., De Freitas, G., Siebeneichler, S., De Mata J., y Chagas, J. (2007). Desolvimiento inicial de plántulas de *Theobroma grandiflorum* (Will. Ex Spreng.) Schum. Sob influencia del sombramiento. *Acta Amazonica* 37 (3): 365-370.

De Bosques, P. (2007). Manual de producción de planta forestal. Clima templado frío. Gobierno del Estado de México. Metepec, Edo. de Méx., México. 108 p.

Devlin, P. F., Christie, J.M., and Terry, M.J. (2007) Many hands make light work. *Journal of Experimental Botany* 58:3071-3077.

Díaz, P. J. C., John, P. K. S., Nambeesan, S. U., Kabir, M. Y., Jiménez, A. M. C., Alvarado C. J. A., y Bautista, J. (2007) Influencia del Color de Malla Sombra en el Rendimiento de Chile Morrón (*Capsicum annum* L.). *Compendio Científico en Ciencias Agrícolas y Biotecnología* (1) 163-167.

Donoso, C. (1993). Bosques Templados de Chile y Argentina. Variación, Estructura y Dinámica. Editorial Universitaria, Santiago de Chile. 483 pp.

Duryea, M.L. (1985). Evaluating seedling quality: importance to reforestation. in: M.L. Duryea, editor, *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of major tests*. Páginas 1-4. Oregon State University, Forest Research Laboratory, Oregon State University, Corvallis.

Estrada, E. y J. Marroquín. (1991). Leguminosas en el centro-sur de Nuevo León. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Reporte Científico No. 10 (especial), Linares N.L. México, 258.

Fallik E., Alkalai T. S., Parselan Y., Aharon Z., Elmann A., Offir Y., Matan E., Yehezkel H., Ratner K., Zur N., and Shahak Y. (2009) Can colored shade nets maintain sweet pepper quality during storage and marketing. *Acta Horticulturae* 830: 37-44.

Fernández, O. N. (2014) Fotosíntesis, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Sistema de Universidad virtual 8p.

Foucard, J. C. (1997). Viveros, de la producción a la plantación, innovaciones técnicas, productos, mercados, Trad, por Carlos de Juan (del Frances). Editorial Mundi Prensa, Barcelona, España. 439 p.

Gálvez J. (2002). La Restauración Ecológica: Conceptos Y Aplicaciones. Universidad Rafael Landívar Facultad de Ciencias Ambientales Y Agrícolas Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente ,Serie de Documentos Técnicos No. 8. Iarna-Url. 23 Pp.

Ganelevin, R. (2008) World-Wide Commercial Applications of Colored Shade Nets Technology (ChromatiNet). Acta Horticulturae 770: 199-204.

García, B. F., J., Rosello, Caselles, J., Santamarina, S. M. P. (2006). Introducción al funcionamiento de las plantas. Editorial: Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España. 181.

García, L., Prieto, A., Aguilar, L., Huchin, S., y Mejía, M. (2009). Producción de planta del género *pinus* en vivero en clima templado frio (INIFAP). México: INIFAP. 53 p.

García. F. M., and Vargas H. J. J. (2000). Growth and biomass allocation of *Gliricidia sepium* seed sources under drought conditions. J. Sustainable For. 10: 45-50.

Giacomelli, G. A. (1998). Components of radiation defined: definition of units, measuring radiation transmission, sensors. Greenhouse Glazing & Solar Radiation Transmission Workshop, Center for Controlled Environment Agriculture. Rutgers University, Cook College. Tucson, Arizona, 19 p.

Gil, L., y Pardos, J.A., (1997). Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal. Cuadernos de la SECF, 4: 27-34.

Godínez A., H., y Flores, M. H., A. (1999). Germinación de semillas de 32 especies de plantas de la costa de Guerrero: su utilidad para restauración ecológica. *Polibotánica* 11: 1-19.

Goel, N., Harron, J., Hu, B., Miller, J., Mohammed, G., Noland, T., Sampson, P., and Zarco, P. (2004). Needle chlorophyll content estimation through modelling version using hyperspectral data from boreal conifer forest canopies. *Remote Sensing of Environment*, 89(2): 189-199.

González D. M. (2019). Árboles y arbustos de Zonas Áridas con potencial para Restauración Ecológica en dos localidades del municipio de Galeana, Nuevo León, México (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). 100 p.

González, A. (2009). Aplicación del medidor portátil de clorofila en programas de mejora de trigo y cebada. *Agroecología*, 4: 111-116.

Gutiérrez, F. (2013). Apuntes sobre producción de plántulas forestales. Documento no publicado. Tena, Ecuador. 15 p.

Harrington, J. T., Mexal, J.D., and Fisher, J. T. (1994). Volume displacement method provides a quick and accurate way to quantify new root production. *Tree Planters' Notes* 45:121-124.

Harvey, A.E., Page, D. D.S., Jurgensen, M.F., Graham, R.T. and Tonn, J.R. (1996). Site preparation alters biomass, root and ectomycorrhizal development of outplanted western white pine and Douglas-fir. *New Forests* 11: 255-270.

Hashemi, D. A., and Herbert, S. J. (1992). Intensifying plant density response of corn with artificial shade. *Agronomy Journal* 84: 547- 551.

Holl, K. D. (2007). Old field vegetation succession in the neotropics. En: Hobb, R. J., Cramer, V. A. (Eds.), *Old Fields*. Island Press, Washington, DC, pp. 93-117.

Holl, K. D., Loik, M. E., Lin, E. H. V., and Samuel, I. A., (2000). Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8, 339– 349.

Inzunza, B. J. (2012). Física: introducción a la mecánica y calor. Universidad de Concepción Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Física de la Atmósfera y del Océano, 466 p.

Irigoyen, J. N. (1990). Pasos para la producción apropiada de viveros de café. PROCAFE, Nueva San Salvador, El Salvador. 4 p.

Jones, G. H. (1992). Plants and Microclimate. A Quantitative Approach to Environmental Plant Physiology. Second edition. Cambridge University Press. Cambridge, Great Britain. 428 p.

Joseph, M., and Wunderle, Jr., (1997). The role of animal seed dispersal in accelerating native forest regeneration on degraded tropical lands. Forest Ecology and Management 99, 223-235.

Juárez L. P., Bugarín M. R., Castro B. R., Sánchez, M. A. L., Cruz, C. E., Juárez R. C. R., y Balois, M, R. (2011). Estructuras utilizadas en la agricultura protegida. Unidad Académica de Agricultura, Universidad Autónoma de Nayarit, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo, CONACYT. 7 p.

Jurado, E., Aguirre, O., Flores, J., Navar, J., Jiménez, J., Villalón, H. and Wester. D. (2000). Germination in *tamaulipan thornscrub* of northeastern Mexico. Journal of Arid Environment. 46:413-424.

Jurado, E., J. Flores, J. Navar y J. Jiménez. (1998). Seedling establishment under native tamaulipan thornscrub and *Leucaena leucocephala* plantation. For. Ecol. Manage. 105:151-157.

Kaufmann, M., R., y Linder, S. (1996). Tree physiology research in a changing world. Tree Physiology 16(1/2): 1–4

Khurana, E., Singh, J.S. (2001). Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. Environmental Conservation 28(1): 39-52.

Kitta, E., Katsoulas, N., and Savvas, D. (2012). Shading effects on greenhouse microclimate and crop transpiration in a cucumber crop grown under Mediterranean conditions. *Applied Engineering in Agriculture*, 28, 129e140.

Kittas, C., Katsoulas, N., Rigakis, N., Bartzanas, T., and Kitta, E. (2012). Effects on microclimate, crop production and quality of a tomato crop grown under shade nets. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 87, 7e12.

Kozlowski, T., Kramer, P. and Pallardy, S. (1991). *The physiological ecology of woody plants*. San Diego, Academic Press. 657 p.

Landis, T.D. (2000). Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. In Landis T.D, Tinus R.W., McDonald, S.E., Barnett, J.P. *Manual Agrícola. Volumen N° 4*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. p. 1-67.

López, V. V.H., Balderas P.M.A., Chávez M. M. C., Juan P. J. I., Gutiérrez C. J.G. (2015). Cambio de uso de suelo e implicaciones socioeconómicas en un área mazahua del altiplano mexicano. *CIENCIA ergo-sum, Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 22 (2), 136-144.

Luna, T., Landis, T. D., and Dumroese, R. K. (2012). Contenedores: aspectos técnicos, biológicos y económicos. In: Contardi, L.; Gonda, H., coord. *Producción de plantas en viveros forestales*. Buenos Aires: Consejo Federal de Inversiones; Comodoro Rivadavia: Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco UNPSJB; Comodoro Rivadavia: Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico, Argentina. p. 78-85., 78-85.

Martínez, A. C. A. (2011). Fenología floral de la anacahuita (*Cordia boissieri*) y su relación con sus visitantes florales (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Nuevo León). 68 p.

Mas P., J. (2003). Guía práctica para la producción de planta en un vivero. Comisión Forestal del Estado de Michoacán. *Boletín Técnico Núm. 5 Vol. 1*. Morelia, Michoacán. México. 37 p.

Mathews K. C., Van H. K. E., Appling D.R., Spencer J.A. (2013) Bioquímica. Editado por Pearson Educación Madrid, pp. 678-679.

McAlpine K. and Jesson, L. (2007). Biomass allocation, shade tolerance and seedling survival of the invasive species *Berberis darwinii* (Darwin's barberry). *New Zealand Journal of Ecology* 31(1):1-12.

Mexal, J. G. y Landis, T. D. (1990). Target seedling concepts: height and diameter. En: Rose, R.(Eds.). Target seedling symposium: Proceedings, combined meeting of the western forest nursery associations. Roseburg, OR. GTR: RM-200. USDA Forest Service, pp. 17-34.

Miranda, A. L.T. (2017) Evaluación del éxito de estrategias de Restauración Activa y Pasiva del bosque mesófilo de montaña. Instituto de Ecología (ECOL), Xalapa, Veracruz, México, 71 p.

Monreal, M.D, Oviedo, R.T.G., Valdez, P.R. (2015). El mezquite (*Prosopis laevigata*) alternativa económica para el valle del Mezquital. Centro Educativo Cruz Azul, Bachillerato Cruz Azul campus Hidalgo. 19p.

Montagnini, F. (2008). Management for Sustainability and Restoration of Degraded Pastures in the Neotropics. En: Myster, R. W. (Ed.), Post-Agricultural Succession in the Neotropics. Springer, New York, USA, pp. 265- 295.

Montoya O.J.M. y Cámara O. M. A. (1996). La planta y el vivero forestal, Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España, 127 p.

Navarro, R. M., Villar, S. P., y Del Campo, A. (2006). Morfología y establecimiento de los plantones. Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos: Estado actual de conocimientos. Naturaleza y Parques Nacionales, Organismo Autónomo Parques Nacionales Ministerio de Medio Ambiente, Talisio, Madrid, 67-78 p.

Nobel, P. S. (1983). Biophysical Plant Physiology and Ecology. W. H. Freeman and Company. New York, U.S.A. 608 p.

Norman, J. M., and Arkebauer, T. J. (1991). Modeling crop photosynthesis from biochemistry to canopy. ASA and CSSA, Special Publication No 19. pp: 75-79.

O'Reilly C., Keane, M., and Morrisey, N. (2002). The importance of plant size for successful forest plantation establishment. COFORD Connects, Reproductive Material Note. 5. Belfield, Dublin, Ireland. 9 p.

Ocampo, F.N., (2014). Fotosíntesis, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Sistema de universidad virtual, 8p.

Oren, S. M., Gussakovsky E.E., Shpiegel, E., Nissim, L. A., Ratner K., Ovadia R., Giller, E., and Shahak, Y. (2001) Coloured shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 76: 353-361.

Örlander, G. G. E., and Albrektson, A. (1996). Long-term effects of site preparation on growth in Scots pine. *Forest Ecology and Management* 86: 27-37.

Orozco, Z. C., y Montagnini, F. (2007). Lluvia de semillas y sus agentes dispersores en plantaciones forestales de nueve especies nativas en parcelas puras y mixtas en la Estación Biológica La Selva, Costa Rica. *Recursos Naturales y Ambiente (Costa Rica)* 49, 131–140.

Ortega, A. F., Soto, G. M., Ramírez, J. C. Q., Serrano, F. R. D., y Valdez, M. E. R. (2012). Análisis de la transmitancia de luz en un invernadero para producción de jitomate. *Acta Universitaria*, 22(1), 5-10.

Parrota, J. A., (1992). The role of plantation forest in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41, 115-133.

Parrota, J. A., Turnbull, J. W., Jones, N. (1997). Catalyzing native forest regeneration on degraded tropical lands. *Forest Ecology and Management* 99, 1–7.

Pearcy, R. W. (2007). Responses of plants to heterogeneous light environments. In: Valladares, F., and F. I. Pugnaire (Editors), *Functional plant ecology*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp. 213-257.

Pérez M. A. Y. (2018). Efecto del uso de mallas raschel de colores en plantas de *Lactuca sativa* L. Var. Waldmann's green bajo Sistema Hidropónico de Raíz Flotante. Universidad Nacional e San Agustín e Arequipa, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional y Académica de Biología, 121 P.

Prieto R. J. A., García R. J. L., Mejía B. J. M., Huchin A. S., y Aguilar V. J. L. (2009). Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Campo Experimental Valle del Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Publicación Especial Núm. 28. Durango, Dgo. México. 47 p.

Proyecto J-Green. (2006). Vivero Forestal. Cartilla 12. Agencia de Recursos Verdes del Japón, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Facultad de Ciencias Agrarias de la UNA y Gobernación del Departamento de Paraguarí. San Lorenzo, Paraguay. 11 p.

Quintana, P. (2014). Fragmentación del ecosistema: un problema ecológico, político y social. Ciencia y Luz, Universidad Veracruzana, Dirección General de Difusión Cultural. 1 p.

Quiroz, M. I., Chung, G. P., García, R. E., González, O. M. P., y Soto, G. H. (2009). Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta. Centro tecnológico de la planta forestal. Editorial INFOR, Santiago de Chile. 128 p.

Raffo, D. (2014). La radiación solar y las plantas: un delicado equilibrio. Fruticultura, *Inta* alto valle N. 74, Argentina. 5 p.

Raffo, M. y Iglesias, N. (2004) Efecto de la intercepción y distribución de la radiación fotosintéticamente activa en manzanos cv. Fuji, bajo cuatro sistemas de conducción en alta densidad, Revista de investigaciones agropecuarias. 33:29-42.

Rajapakse, N.C, y Shahak, Y. (2008) Light-quality manipulation by horticulture industry. In: Annual Plant Reviews, Light and plant development. Whitelam GC, Halliday KJ (Eds.). Blackwell Publishing. USA. pp: 308-311.

Ramón, E., Da Silva, R., D'Aubeterre, A., Allende, J., Rada, F., y Figueiral, R. (2005). Variaciones microclimáticas en invernadero: efecto sobre las relaciones hídricas e intercambio de gases en pimentón (*capsicum annuum*). *Agrociencia*, 39(1), 41-50.

Rego, G. y Possamai, E. (2006). Efeito do sombreamento sobre o teor de clorofila e crescimento inicial do Jequitibá - rosa. *Bol. Pesq. Fl.* 53: 179-194.

Reid, N. J. M. and Beyer M. P. (1990). Utilization of shrubs and trees for browse, fuelwood and timber in the *tamaulipan thornscrub*, northeastern Mexico. *For. Ecology Manage.* 36:61-79.

Richter, G. (1972). Fisiología del metabolismo de las plantas. Una introducción a la fisiología y bioquímica del metabolismo primario. Trad. Ludwig Muller. Continental S.A. Instituto de Botánica de la Universidad técnica de Harwover, Alemania. 44-144.

Ríos, S. J. C., Rosales S. R., García R. J. L., Tracios C. R., y Valenzuela N. L. M. (2012). Diagnóstico de reforestaciones de mezquite y métodos para incrementar su eficiencia en Durango, México. *Revista Forestal Baracoa* 31(2): 35-40.

Ritchie, G.A., Landis, T.D., Kasten, D.R., Haase, D.L. (2002) Evaluación de la calidad de planta, Capítulo 2, Volumen 7, Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. 80 p.

Rodríguez T., D. A. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Mundi Prensa. México, D. F. México. 156 p.

Rojas, E. (2015). La radiación PAR y su efecto en los índices de crecimiento, rendimiento y calidad del cultivo de tomate (Doctoral dissertation, Tesis de posgrado. Saltillo: Centro de Investigación en Química Aplicada (CIQA), Programa de posgrado en agroplasticultura). 88 p.

Roldán, A., Querejeta, I., Albadalejo J., y Castillo, V. (1996). Survival and growth of *Pinus halepensis* Miller seedlings in a semi-arid environment after forest soil

transfer, terracing and organic amendments. *Annales des Sciences Forestières* 53: 1099-1112.

Ruiz, J. M. C., and Aide, T. M. (2005). Vegetation structure, species diversity, and ecosystem processes as measures of restoration success. *Forest Ecology and Management* 218, 159-173.

Sahagún, S, F. J., y Reyes, H. H. (2018). Impactos por cambio de uso de suelo en las áreas naturales protegidas de la región central de la Sierra Madre Oriental, México. *Ciencia UAT*, 12(2), 6-21.

Salvador, P. V. (2003). Importancia de la calidad de planta en los proyectos de revegetación. In *Restauración de ecosistemas mediterráneos* Universidad de Alcalá. pp. 65-86.

San Vicente, M. G., y Valencia, P. J. L. (2012). Efectos de la fragmentación de hábitats y pérdida de conectividad ecológica dentro de la dinámica territorial. *Polígonos. Revista de Geografía*, (16), 35-54.

Santelices M. R., Espinoza, M., y Cabrera, A. A. (2013). Efecto del nivel de sombra en la calidad de plantas de *Nothofagus alessandrii* Espinosa cultivadas en vivero. Departamento de Ciencias Forestales, Universidad Católica del Maule, Talca, Chile, 22pag.

Sanz de Galdeano, J., Del Castillo, J., Uribarri, A., Aguado, A. y Sádoba, S. (2006). "Invernaderos: Cultivos de Verano. Guía de Manejo".ITG Agrícola. España.

Sauceda, E. N. R., Martínez, G. E. R., Valverde, B. R., Ruiz, R. M., Hermida, M. D. L. C. C., Torres, S. M. M., y Ruiz, H. H. P. (2014). Análisis técnico del árbol del mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd.) en México. *Ra Ximhai*, 10(3), 173-193.

Scalon, S., R. Mussury, A., Gomez, K., Silva, F., Wathier y Filho. H. (2006). Germinacao e crescimento inicial de mudas de orelha-de-macaco (*Enterolobium contortisiliquum*) efeito de tratamientos químicos e luminosidade. R. Arvore 30(4): 529-536.

SEPINEA. (2013). Día mundial de lucha contra la desertificación y la sequía.<http://laprimeraplana.com.mx/dia-mundial-de-lucha-contra-la-desertificacion-y-la-sequia-10-datos/>.

Shahak, Y., Gal, E., Offir, Y. and D. Ben Y. (2008). Photosensitive shade netting integrated with greenhouse technologies for improved performance of vegetable and ornamental crops. Acta Horticulturae 797: 75-80.

Shahak, Y., Gussakovsky, E.E., Cohen, Y., Lurie, S., Stern, R.S., Kr, S., Naor, A., Atzmon, I., Doron. I., Greenblat A. Y. (2004). ColorNets: A new approach for light manipulation in fruit trees. Acta Horticulturae 636: 609-616.

Sigala, R. J. A. (2019). Asesoramiento de Proyecto (Webinar). Universidad Autónoma de Nuevo León, empresa/instituto. <https://www.skype.com/es/>

Smith, H. y Whitelam. G. (1990). Phytochrome a family of photoreceptors with multiple physiological roles. Plant Cell Environ. 13: 695-707.

Soriano, D., Huante, P., Gamboa, D. A., Orozco, S. A. (2014). Effects of burial and storage on germination and seed reserves of 18 tree species in a tropical deciduous forest in Mexico. Oecologia 174(1): 33-44.

Tang, H. Hu, Y. Y. ,Yu, W. W. ,Canción, L. L. ,Wu, J. S. (2015). Growth, photosynthetic and physiological responses of *Torreya grandis* seedlings to varied light environments. Trees 29(4): 1011-1022.

Tapia, E. L. M., y Zapata F. D. E. (2012). Diseño y construcción de un prototipo para control de temperatura y humedad de un vivero de árboles bonsáis (Bachelor's thesis, QUITO/EPN/2012). Escuela Politécnica Nacional, Republica del Ecuador. 169 p.

Tigabu, M., y Odén, P.C. (2001). Effect of scarification, gibberellic acid and temperature on seed germination of two multipurpose *Albizia* species from Ethiopia. *Seed Science and Technology* 29: 11-20

Ulloa, F. G. (2014). Manual de Plantaciones Forestales para la Comunidad Kichwa Wamanl. Zonas de Deforestación neta cero. Ecuador. 17 p.

Valera, M. D. L., Gil, R. J. A., y Molina, F. (2001) Las mallas como técnicas de control climático en invernadero. *Vida Rural* 8: 50-52.

Varela, S. A., y Arana, V. (2011). Latencia y germinación de semillas. Tratamientos pregerminativos. *Sistemas Forestales Integrados*, 3, 1-10.

Vega, A. M. (2014). Mantenimiento y manejo de invernaderos. Ediciones Paraninfo, S.A. 80 pag.

Villalón, M. H. (2016). Indicadores de calidad de la planta de *Quercus canby* Trel. (encino) en vivero forestal. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales*, 12(1), 46-52.

Whaley, E. C. L., and Scott, J. W. (1997). Environmental and physiological effects on cut icicle cracking in tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122, 797e801.

Williams, L. G., Álvarez, A. C., and Pedraza, R. A., (2010). Forest restoration in the tropical montane cloud forest belt of central Veracruz, Mexico. En: Bruijnzeel, L. A., Scatena, F. N., Hamilton, L. S. (Eds.), *Tropical Montane Cloud Forests Science for Conservation and Management*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 618-627.

Yang, W., Liu, F., Zhou, L., Zhang, S. and An, S. (2013). Growth and photosynthetic responses of *Canarium pimela* and *Nephelium lappaceum* seedlings to a light gradient. *Agroforestry Systems* 87(3):507-516.

Zermeño, G. A., Montemayor, T. J. A., Munguía, L. J., Ibarra, J. L., y Cadena, Z. M. (2005). Reflectividad y absorptividad de la radiación en tres densidades de

planta y su relación con el rendimiento de maíz variedad
cafime. *Agrociencia*, 39(3), 285-292.