



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA**

Crecimiento de *Quercus crassipes* en diferentes mezclas de sustratos forestales

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

Jessica Arcos Castillo

Director de Tesis: Dra. Silvia Romero Rangel

Los Reyes Iztacala

2009

Dra. Silvia Romero Rangel. sromero@servidor.unam.mx

Arcos Castillo Jessica. jarcos@paot.org.mx.





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

✓ A mis padres Rosario y Rafael, gracias por haberme dado la oportunidad de llegar hasta donde estoy, porque lo que soy y seré se los deberé a ustedes y a Dios, gracias por enseñarme y aprender tantas cosas para crecer, superarme y ser una mejor persona.

✓ A mi Directora de Tesis, la Dra Silvia Romero Rangel por haberme dedicado de su tiempo para conocer de los encinos y poder llevar a cabo el desarrollo de este estudio

✓ A mis sinodales: M. EN C. Carlos Rojas, Leonor Abundiz, Daniel Muñoz y Biol. Marcial García por haberme apoyado en la revisión y el desarrollo del trabajo

✓ A mis hermanas Erika y en especial a Brenda, que aunque nada que ver con la biología, tomabas de tu tiempo para ayudarme con las plantitas.

✓ A mi novio, Luis, por haberme ayudado y apoyado para realizar este trabajo, que a pesar de que tu seas Ing, y no te guste la biología, tomaste de tu tiempo para ayudarme a medir, escribir, y pasar datos; pero sobre todo me diste ánimos cuando me encontraba cansada.

✓ A mis compañeros del laboratorio L-405, en especial a Liliana y a Julio, que me enseñaron a trabajar en el vivero, cuando yo apenas empezaba.

✓ A mis compañeros y amigos de la PAOTDF. (Clau, José Luis, Serch, Chio, Anita, Horacio, Eli, Arq. Ruth, Jesús y por supuesto la Biol. Mónica Alegre, por haber confiado en mi y haberme dado la oportunidad de salir cada miércoles temprano para poder terminar mi tesis.

A todos ustedes gracias por su tiempo, sus consejos y su apoyo.

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
II. MARCO TEÓRICO.....	4
▪ Generalidades del género <i>Quercus</i> L.	
▪ Clasificación y descripción morfológica de <i>Quercus crassipes</i>	
▪ Semillas y su germinación	
▪ Sustratos: su función, importancia y parámetros físico-químicos	
▪ Características de los sustratos más utilizados en los viveros	
▪ Importancia y estudios de la raíz	
III. ANTECEDENTES.....	17
IV. OBJETIVOS.....	19
V. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE RECOLECCIÓN DE FRUTOS....	20
VI. MATERIAL Y MÉTODO.....	25
▪ Trabajo de campo	
▪ Trabajo en laboratorio	
▪ Trabajo en vivero	
▪ Análisis de los datos	
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
▪ Pesos de frutos y semillas	
▪ Crecimiento en cámara de germinación	
▪ Características físicas de sustratos	
▪ Características químicas de sustratos	
▪ Crecimiento de la raíz de <i>Q. crassipes</i> en rizotrones	
VIII. CONCLUSIONES.....	67
LITERATURA CITADA.....	69
APENDICE.....	75

RESUMEN

El género *Quercus* al que pertenece la especie en estudio, está conformado aproximadamente por 500 especies distribuidas mundialmente y presenta un centro de diversificación en México con aproximadamente 135 a 150 especies. El uso desmesurado de los bosques de encinos, el cambio de uso de suelo y la urbanización, han propiciado la disminución y desaparición de esta vegetación. Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el crecimiento de plantas en diferentes sustratos, monitoreando el tallo, hojas y raíz; evaluando sus parámetros físicos y químicos de los sustratos; así como describir el crecimiento radical utilizando rizotrones. Para el presente estudio se colectaron semillas de *Quercus crassipes* en el Municipio Nicolás Romero, las cuales fueron escarificadas, germinadas y establecidas en 4 diferentes mezclas compuestas por: M1: 30% peat moss + 30% tepojal + 40% corteza de pino, M2: 40% composta + 30% agrolita + 30% tierra negra, M3: 40% tierra negra + 30% vermiculita + 30% fibra de coco, M4: 40% peat moss + 30% tepojal + 30% tierra negra; se incluyeron también dos Testigos: T(+): 100% tierra negra y T(-): 100% tepojal. Al mismo tiempo se establecieron semillas germinadas en rizotrones que contenían cada uno de los sustratos, para monitorear el crecimiento de la raíz. Los resultados obtenidos demostraron que M2 presentó plantas con tallos más altos, diámetro más grande y mayor cobertura total, pero con menor porcentaje de sobrevivencia (40%) al finalizar el estudio. Todos los sustratos con excepción del T(-) presentaron resultados muy similares en el análisis de sus propiedades físicas y químicas; fue en los rizotrones donde se observó la raíz fibrosa más gruesa, larga y ramificada de todas las plántulas, mientras que el sustrato M1 presentó mayor uniformidad en sus datos y en sus valores, alcanzando el mayor porcentaje de sobrevivencia con 90% al final del estudio. En la mezcla M4 se desarrolló un individuo con la raíz axonomorfa más larga que alcanzó una longitud de 56 cm. El T(+) presentó las raíces más cortas y el T(-) a pesar de ser el único sustrato inorgánico de textura gruesa presentó raíces más largas en comparación con el T(+) pero más cortas que las mezclas.

INTRODUCCIÓN

Los bosques de *Quercus* o encinares son comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas de México. De hecho, junto con los pinares constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semihúmedo. Los encinares se caracterizan por la presencia del género *Quercus* y en cuanto a abundancia ocupan el segundo lugar después de los pinares (Rzedowski, 1978)

Se calcula que el género *Quercus* está conformado aproximadamente por 500 especies distribuidas mundialmente (Romero *et al.*, 2002) y cerca de 250 existen en el continente americano (McVaugh, 1974), de las cuales entre 135 y 150 se encuentran en nuestro país (Zavala, 1998).

Por mucho tiempo en nuestro país los encinos o robles han sido considerados como un recurso de poca relevancia desde el punto de vista forestal (Zavala, 1990; 1995). En la actualidad la madera de encino ocupa el segundo lugar de aprovechamiento a nivel nacional, después del pino y antes de las maderas tropicales; representando el 9% del total nacional explotado (Pérez *et al.*, 2000). Si bien el uso maderable y los derivados de los encinos son ampliamente reconocidos, por el contrario su utilidad no maderable o no leñosa ha sido poco valorada (Luna *et al.*, 2003).

El uso desmesurado de los encinares, el cambio de uso de suelo y la urbanización (Granados *et al.*, 1999; Hernández, 2000) han propiciado la disminución y muchas veces la desaparición de esta vegetación natural.

Para revertir la destrucción de los recursos forestales se requiere, entre otras acciones, establecer programas masivos de reforestación o de plantaciones forestales comerciales, utilizando plantas de calidad producidas en vivero, los que en muchas ocasiones utilizan como sustrato principal la tierra de monte (Reyes *et al.*, 1995); sin embargo, su uso causa un impacto ambiental indeseable (Sandoval y Stuardo, 2000).

Por lo anterior es necesario considerar que la calidad de una plantación forestal está relacionada con la calidad de sus plántulas. En el vivero para obtener

plántulas de calidad no sólo se necesita contar con buen material genético, también es indispensable la incorporación de la tecnología adecuada en el proceso de la producción. En tal sentido, el sustrato en el que la planta desarrollará sus primeros estadios de vida es un elemento tecnológico fundamental para la obtención de plantas de calidad (Valenzuela *et al.*, 2005).

Este trabajo se enfocará en el medio donde crecen las raíces, el que se denomina sustrato, su función al igual que el suelo es dar soporte físico, almacenamiento de agua y nutrientes (Valenzuela *et al.*, 2005) para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En general, un sustrato adecuado sería aquel que garantice altos porcentajes en la producción (Rentarías *et al.*, 1999).

La elección del sustrato que se empleará es de especial interés para producir plántulas en viveros. La composición física y química del sustrato está directamente relacionada con el crecimiento, vigor, producción de materia seca y supervivencia de las especies. Por lo general, se utilizan mezclas de diferentes tipos, siempre buscando una textura liviana que facilite el drenaje y la aireación, y que presenten un medio adecuado donde la planta desarrolle un buen sistema radical que le permita prosperar una vez plantada en el terreno definitivo (Reyes *et al.*, 2005); de donde se desprende que, el crecimiento radical está determinado por factores genéticos y del medio. Entre los factores del medio se destacan las propiedades físicas y químicas del suelo, además de las variables que afectan el desarrollo aéreo del cultivo. Estas últimas pueden alterar drásticamente el crecimiento de las raíces debido a su dependencia de los productos de fotosíntesis proporcionados por la parte aérea (Acevedo, 1979).

Por lo que es conveniente que se realicen trabajos que evalúen el crecimiento de las especies de *Quercus* en distintos sustratos forestales considerando sus características físico-químicas.

MARCO TEÓRICO

Generalidades del género *Quercus* L.

El género *Quercus* de la familia Fagaceae, al que pertenecen los encinos, es el más rico en especies y el que presenta mayor distribución en todo el mundo (Valencia, 2004); se encuentra en las zonas templadas, tropicales y subtropicales del Hemisferio Norte (Romero *et al.*, 2002 y Valencia, 2004). Se calcula que está conformado aproximadamente por 500 especies distribuidas mundialmente (Romero *et al.*, 2002). Se reconocen dos centros de diversidad para el género; el primero se localiza en el sureste de Asia con aproximadamente 125 especies y el segundo se presenta en México con 135 y 150 especies (Nixon, 1993a).

Ubicación taxonómica de *Q. crassipes*

El género *Quercus* pertenece a la familia Fagaceae que junto con las familias *Betulaceae* y *Balanopaceae* constituyen el orden Fagales de la subclase *Hammamelidae*. Esta última familia debido a sus características consideradas como primitivas, se sitúa cerca de la base del árbol filogenético propuesto por Cronquist (1981) para Dicotiledóneas (citado por Valencia, 1989).

La especie de estudio, *Q. crassipes*, pertenece al subgénero *Quercus* sección *Lobatae* (encinos rojos) (Nixon, 1993b).

- **Descripción morfológica de *Q. crassipes*** (Romero *et al.*, 2002).

Quercus crassipes Humb. & Bonpl. Pl. Aequinoct. 2: 37. Pl. 83. 1809. Tipo: México. Guanajuato: Santa Rosa, *Bonpland* s.n. (isotipo, B!).

Árbol: de 4–17 m de alto o más.

Hojas: jóvenes con abundante pubescencia amarilla en haz y envés, principalmente en la nervadura central; hojas maduras coriáceas, angostamente elípticas, lanceoladas u oblanceoladas, lámina 2–9(–10.8) 3 (0.6–)1–3(–4) cm, ápice mucronado o con arista de 3 mm de largo, base redondeada o subcordada, borde entero, revoluto, engrosado; nervaduras de 10 a 19 en cada lado, rectas o algo curvadas, formando ángulos casi rectos, bifurcados cerca del margen; haz algo lustroso, color verde o grisáceo, glabro o con pequeños tricomas estrellados dispersos, muy abundantes en la base de la hoja, nervadura central elevada, las primeras impresas, las más finas forman un retículo pálido sobre un fondo verde; envés con pubescencia densa, grisáceo, tricomas estrellados estipitados, con 5 a 6 rayos extendidos, epidermis ampulosa; nervaduras ligeramente elevadas; pecíolos amarillentos o rojizos, pubescentes o casi glabros, (1–)2–7(–10) mm de largo, de 0.5–1 mm de diámetro; amentos masculinos de 4–5.5 cm de largo

Flores: con el perianto escarioso de 4 X 3 mm, café-rojizo, pubescentes; estambres 5, de 3 mm de largo, anteras apiculadas; flores femeninas de 1 o 2 sobre pedúnculos de 5 mm de largo o menos, de 2–2.5 mm de diámetro.

Fruto: bianual, solitario o por pares en pedúnculos de 2–8 mm de largo; cúpula hemisférica, de 11–17 mm de diámetro, márgenes a veces involutos, las escamas engrosadas en la base, pubescentes, a veces glabrescentes; bellota ovoide, pared interna del pericarpo lanosa, de 12–17(–30) mm de largo, de 8–15 mm de diámetro, cerca de la tercera parte de su largo incluida en la cúpula.

Tronco: de 0.40–1 m de diámetro, corteza de placas alargadas de color obscuro.

Ramillas: de (5–) 1–2 mm de diámetro, con pubescencia densa amarilla, formada por tricomas estrellados con estípites muy pequeños; lenticelas hasta de 1 mm de largo, desde pálidas hasta del mismo color de las ramas; yemas de 1.5–4.5 mm de largo, ovoides, de color café-rojizo, escamas coriáceas, bordes ciliados; estípulas de 7–8 mm de largo, linear-lanceoladas, membranosas pubescentes en el dorso, deciduas.

Reconocimiento: *Quercus crassipes* se reconoce por sus hojas con el ápice aristado y las nervaduras que forman ángulos casi rectos; muestra similitud con *Q. mexicana*; ésta se diferencia porque el envés de la hoja posee tricomas estrellados con sus ramas enredadas entre sí, de manera que a simple vista se observan como puntuaciones.

Distribución y hábitat: Especies endémicas de México, se encuentra en los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo Colima, Michoacán, Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala y Puebla habita en bosques de *Quercus*, *Pinus-Quercus* y *Quercus - Cupressus*, bosque mesófilo de montaña, matorral xerófilo, en sitios de transición de pastizal a bosque mixto. Se asocia con *Pinus pseudostrobus*, *P. leiophylla*, *P. montezumae* y *P. hartwegii*, *Quercus laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. obtusata* y *Q. castanea*, en altitudes de 1900–3500 m.

Fenología Florece en mayo y fructifica de septiembre a enero.

Nombres populares y usos: encino, encino colorado, encino chilillo, encino oreja de ratón y encino laurel. De la Paz, 1982 citado por Romero *et al.*,2002, recomienda su madera para pisos de residencias, auditorios, museos, almacenes, pistas de baile (en forma de parquet y adoquín), para chapa fina, muebles y gabinetes de alta calidad ebanística, lambrín, decoración de estudios y corredores, cocinas integrales, baúles, canastos, macetas, cofres y diversos artículos decorativos, mangos para herramientas, lomos y mangos de cepillos, brochas y de utensilios de cocina, pasamanos huellas (escalones) y descansos de escaleras hormas para zapatos y cajas para pianos (Fig. 1).

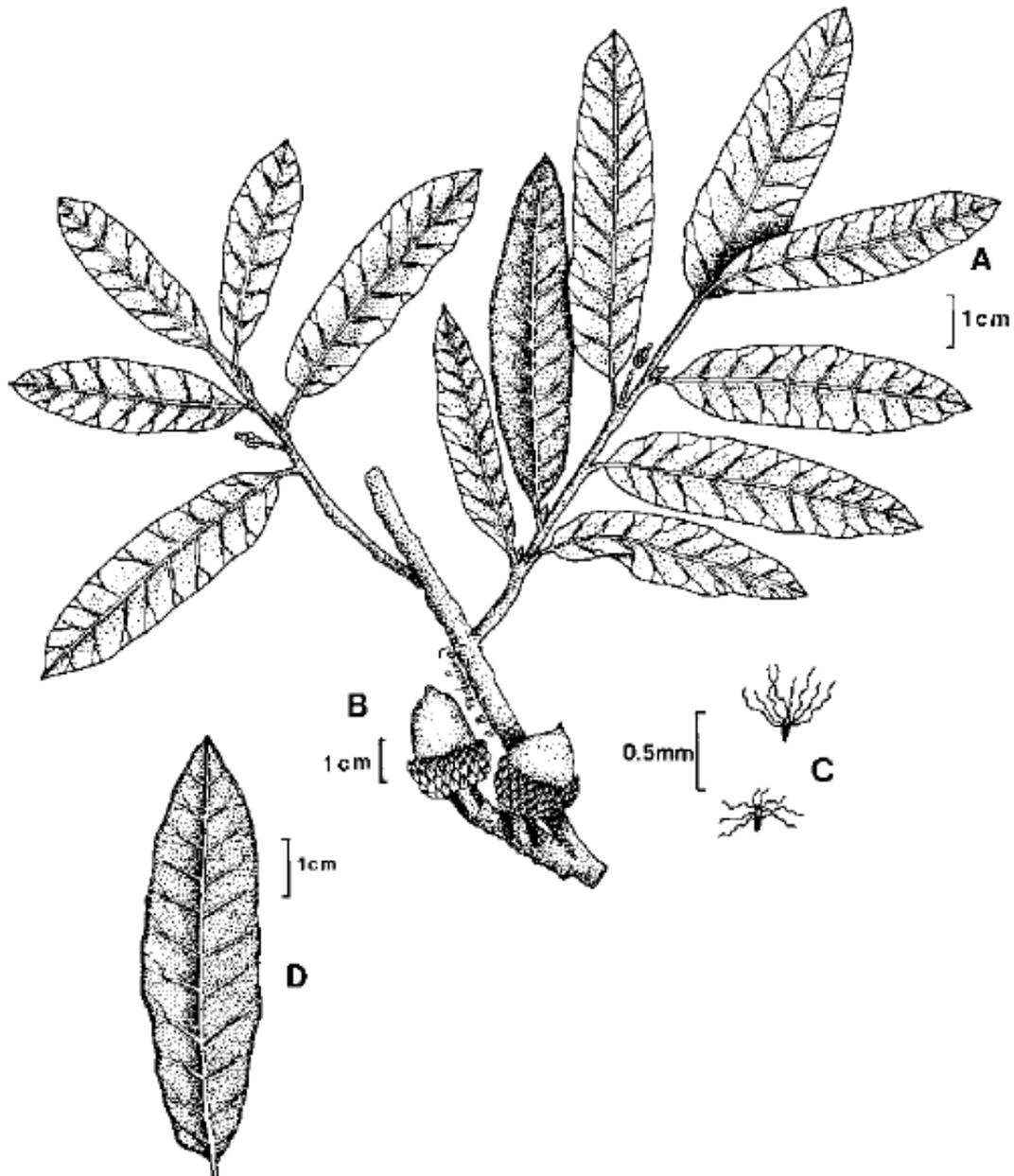


Fig 1 *Quercus crassipes*, -A. Rama.-B. Fruto.-C. Tricomas.-D. Hojas. Imagen tomada de la publicación de Romero *et al.*, 2002.

- **Las semillas y su germinación**

Las semillas tienen mecanismos y estructuras sensibles a las condiciones ambientales que regulan la imbibición y asegura que la germinación se presente bajo condiciones favorables (González y Orozco, 1996). Se sabe la importancia que tiene el agua (ambiente hídrico involucrado) tanto para que este proceso se lleve a cabo como para el establecimiento de la plántula, sin olvidar el contenido de humedad en la propia semilla.

Las semillas de los encinos se caracterizan, entre otros aspectos, por ser recalcitrantes, término que agrupa a semillas que necesitan retener un contenido de humedad relativo alto (superior al 40 o 50%) para continuar siendo viables (Black y Derek, 2000). En el caso particular de los encinos, se han documentado diferencias de acuerdo al subgénero; en los encinos blancos, las semillas suelen mantener su viabilidad con contenidos de humedad del 40 - 45%, mientras que los encinos rojos la mantienen con aproximadamente 25% (Glosing, 1989 citado por Zavala, 2004).

La germinación de *Quercus* es de tipo hipógea, donde los cotiledones son estructuras de almacenamiento y permanecen enterradas en el suelo dentro del pericarpo del fruto; el crecimiento inicial del epicotilo da lugar a la formación del tallo y las hojas (Bonner y Vozzo, 1987; Zavala, 1996).

Este proceso desarrolla un embrión en una plántula con una superficie foliar útil para realizar la fotosíntesis y con un sistema radical apto para absorber agua y minerales del suelo (Guevara y Hernández, 2005; Niembro, 1988) convirtiéndola en un individuo independiente apto para enfrentar las adversidades del medio.

Un aspecto importante en el estudio de semillas es el almacenamiento, cuyo objetivo es mantenerlas viables desde que son recolectadas hasta el momento en que sean requeridas para la siembra. La duración del almacenamiento dependerá de las características de la semilla así como de las condiciones de refrigeración (Olvera, 2004).

El objetivo de la escarificación mecánica es modificar las cubiertas duras e impermeables de las semillas. Escarificación es cualquier proceso de ruptura,

rayado y/o alteración mecánica de las cubiertas de la semilla para hacerlas permeables al agua o a los gases (Hartman y Kester, 1980). Es útil también el remojo en agua cuyo propósito es modificar las cubiertas duras, remover los inhibidores, ablandar las semillas y reducir el tiempo de germinación (Hartman y Kester, 1980).

En cuanto a la germinación como proceso, siempre se requiere caracterizar el grado de germinabilidad para cada lote de semillas según la especie, la variabilidad de la población y/o las condiciones ambientales en que germinan las semillas (González y Orozco, 1996). Dicho grado de germinabilidad necesita ser descrito, ya sea gráfica o numéricamente para planear las labores de cultivo o bien para estudiar la respuesta a la aplicación de tratamientos (Camacho y Morales, 1992).

La influencia de los sustratos sobre la germinación de semillas en las especies forestales ha tenido una atención especial por parte de los viveristas, en un intento por encontrar el óptimo para cada una (Vega, 1986 citado por Rentarías, 1999).

- **Sustratos: su función y la importancia de los parámetros físico-químicos**

Los sustratos están compuestos, generalmente en diferentes proporciones, por una mezcla de dos o más materiales (orgánicos, inorgánicos y/o sintéticos), con el objetivo de complementar propiedades adecuadas para el crecimiento vegetal que no poseen en forma independiente (Gallardo, 2003 citado por Olivo *et al.*, 2006). En general, un sustrato adecuado es aquel que garantiza altos porcentajes en la producción de plantas y que a la vez presente menos pérdidas por factores adversos durante el proceso germinativo (Rentarías *et al.*, 1999).

La elección del sustrato a emplear es de especial interés para producir plántulas en viveros. La composición física y química del sustrato está

directamente relacionada con el crecimiento, vigor, producción de materia seca y supervivencia de las especies. Por lo general, se utilizan mezclas de diferentes tipos siempre buscando una textura adecuada que facilite un buen drenaje y aireación, además que constituyan un medio óptimo donde la planta desarrolle bien su sistema radical que le permita crecer bien una vez plantada en el terreno definitivo (Reyes *et al.*, 2005).

La función que tienen los sustratos al igual que el suelo es dar soporte físico y favorecer el crecimiento y desarrollo de la planta; por ello, la matriz del sustrato es la responsable de otorgar un espacio adecuado para el crecimiento de las raíces y almacenamiento de agua y nutrientes. Las propiedades físicas de los sustratos que pueden determinarse a través de análisis de laboratorio son el espacio poroso total (EPT), la capacidad de retención de agua (CRA), el volumen de poros con aire (PA) y la densidad aparente (DA) y real (DR) del sustrato; también las características químicas son importantes, ya que están relacionadas con la disponibilidad de nutrientes. En el laboratorio comúnmente se determinan el contenido de materia orgánica (MO), la acidez-neutralidad-alcalinidad a través del pH, la salinidad expresada como conductividad eléctrica (CE) y el contenido de nitrógeno total (NT) (Valenzuela *et al.*, 2005).

Los parámetros mencionados anteriormente permiten conocer las propiedades del ambiente donde van a crecer las raíces de las plantaciones, y con ello disponer de herramientas para manejar tecnológicamente y racionalmente el vivero forestal. Así, se podría esperar que en un sustrato con muy bajo espacio poroso total las raíces no tendrían el espacio necesario donde desarrollarse y tanto el agua como el oxígeno que debe circular en ese ambiente sean restringidos. Por otro lado, la capacidad de retención de agua está directamente relacionada al riego; en invierno, valores de CRA altos podrían causar excesos de agua y valores de CRA bajos en verano podrían causar una excesiva desecación del medio. Sustratos con muy bajo espacio de poros con aire (PA) presentan problemas de drenaje, que ocasionan encharcamiento. En estas situaciones es necesario planificar cuidadosamente la intensidad y frecuencia del riego (Valenzuela *et al.*, 2005).

En el vivero para obtener una planta de calidad no sólo es necesario contar con buen material genético, también es indispensable la incorporación de la tecnología adecuada en el proceso de la producción. En tal sentido, el sustrato en el que la planta desarrollará sus primeros estadios de vida es un elemento tecnológico fundamental para la obtención de plantas de calidad (Valenzuela *et al.*, 2005).

En México, al igual que en muchos otros países, los sustratos se obtienen tradicionalmente por el método de ensayo y error, que consiste en formular mezclas donde las proporciones de los materiales utilizados se establecen de manera arbitraria. Se selecciona aquella mezcla que mejore la respuesta del cultivo, sin ser necesariamente la óptima, ya que no se exploran todas las posibles mezclas. El costo de los materiales y en ocasiones la búsqueda por optimizar recursos, son algunos de los aspectos que muestra la complejidad que existe para la formulación de sustratos específicos por el número de variables involucradas (Morales *et al.*, 2005). De acuerdo con resultados de entrevistas a viveristas solamente uno de cada cuatro utiliza sustratos provistos por el mercado. El resto formula sus propios sustratos utilizando una amplia gama de materiales que varían en su origen y composición, incluyendo tantos materiales orgánicos (cortezas, turbas y estiércoles) como productos inorgánicos (suelo, perlita y vermiculita) sin que realicen estudios para conocer sus propiedades (Valenzuela *et al.*, 2005).

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta un productor de plantas es el de disponer de suficiente sustrato de buena calidad, que permita un adecuado desarrollo de las plantas. Los costos de producción por el uso de mezclas de suelo forestales cada vez son más elevados para los viveros. Por lo tanto, es necesaria la búsqueda de sustratos alternativos, un ejemplo de ellos son los subproductos de la industria, algunos de ellos económicos y fáciles de adquirir.

Para revertir la destrucción de los recursos forestales se requiere, entre otras acciones, establecer programas masivos de reforestación o de plantaciones forestales comerciales utilizando plántulas de calidad producidas en vivero, los que en muchas ocasiones utilizan como sustrato principal la tierra de monte.

(Reyes *et al.*, 1995). Sin embargo, su uso causa un impacto ambiental indeseable (Sandoval y Stuardo, 2000).

Este trabajo se enfocará principalmente al medio donde crecen las raíces, el cual se denomina sustrato, éste se emplea para el cultivo de plantas en una maceta o contenedor. Su función, al igual que el suelo, es dar soporte físico para el crecimiento y desarrollo; por ello, el sustrato es el responsable de otorgar un espacio para el crecimiento de las raíces, así como el almacenamiento de agua y nutrientes (Valenzuela *et al.*, 2005).

A continuación se muestra una recopilación de datos bibliográficos donde se citan los sustratos más utilizados por los viveristas y sus características físicas y químicas (Cuadro1).

Cuadro 1. Propiedades de los sustratos más utilizados en los viveros (Fernández *et al.*, 1998 y Ruano, 2003 y Llurba, 1997)

Sustrato	Densidad	Retención de agua	% Poros	C.I.C.T	pH	Mezcla con	Aireación	Nutrientes	Otros
Perlita	baja	5 veces su peso	elevada	nula	7-7,5	Turba y arena	—	—	—
Vermiculita	Densidad aparente baja: de 0,06 a 0,14 g/cm ³	350 x m ³	alta	alta 80 - 120meq/l	7-7,2	—	buena	Puede contener hasta 8% de potasio asimilable y hasta 12% de magnesio asimilable	Con el tiempo se compacta
Agrolita	baja, de 0,13 a 0,15 g/cm ³	baja 40 a 50%	muy poroso	Retiene nutrientes	6,5-7,5	Peat moss, vermiculita fibra de coco y humus	alta	—	—
Turba rubia	Densidad real baja. 1,35 g/cm ³	buen nivel	—	alta 110-130 mqe/gr	3,5 y 8,5	arena, perlita y vermiculita	alta	Su alta C.I.C influye en la nutrición vegetal	En estado seco es durable pero seca es un combustible
Turba negra	Densidad real baja 1,35 g/cm ³	baja	—	alta 250 o más	—		—	—	—
Corteza de pino	Densidad aparente 0,1 a 0,45 g/cm ³	baja a media	superior al 80-85%	55 meq/100g	ácido a neutro	turba, abonos nitrogenados	de alta a muy elevada	—	La corteza cruda puede provocar problemas de deficiencia de nitrógeno y fitotoxicidad

Tierra de hojas	—	alta	—	buen nivel	neutro	humus activo y tabaco en polvo	alta	—	—
Tierra negra	—	alta	poco	—	neutro	tierra de hojas	—	Nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, boro, hormonas, vitaminas y proteínas	Poco porosa pero si se le agrega tierra de hojas hay más porosidad. Se recomienda no regar mucho
Composta	—	alta	poco poroso	alto	—	—	—	Nitrógeno, fósforo y potasio	—
Peat moss	—	alta	poca	—	muy bajo	—	baja	—	Combinar con cal agrícola o arcilla dolomítica debido a su pH muy bajo
Fibra de coco	Densidad aparente de 0,2 g/cm ³	baja de 3 a 4 veces su peso	bastante buena	—	6,3-6,5	—	alta	Altos niveles de sales	Lavar antes de su uso debido al alto contenido de sales.
Bagazo de caña	—	alta	poca	—	—	—	baja	—	Esterilizarse y estar bien descompuesta.

- **Importancia y estudios de la raíz**

Las raíces son órganos del cuerpo de la planta que por lo regular están enterrados en el suelo. Sus funciones principales son: (1) anclar a la planta en el suelo, (2) absorber agua y minerales, (3) almacenar azúcares excedentes fabricados durante la fotosíntesis, (4) transportar agua, minerales, azúcares y hormonas entre la raíz y el vástago, (5) producir algunas hormonas y (6) interactuar con hongos y microorganismos del suelo que proporcionan nutrimentos a la planta (Audesirk *et al.*, 2003).

Al germinar una semilla, la raíz primaria (la primera en desarrollarse) penetra en el suelo. Muchas dicotiledóneas, como las zanahorias y los dientes de león, desarrollan un sistema de raíz primaria, axonomorfa o típica. Un sistema de raíz primaria consiste en un eje dominante, en cuanto a largo y diámetro, que desarrolla raíces secundarias, terciarias, etc. En contraste, en monocotiledóneas como los pastos y las palmas, la raíz primaria pronto se extingue y es sustituida por una raíz fibrosa formada por ramificaciones, las cuales tienen casi todas el mismo tamaño y grosor. Las células que recubren el exterior de la raíz constituyen la epidermis, la que está en contacto con el suelo, con el aire y el agua. Muchas células epidérmicas tienen tricomas que penetran en el suelo y pueden añadir docenas de metros cuadrados de área superficial (Audesirk *et al.*, 2003).

El crecimiento radical está determinado por factores genéticos y del medio. Entre los factores del medio se destacan las propiedades físicas y químicas del suelo, además de las variables que afectan el desarrollo aéreo del cultivo. Estas últimas pueden alterar drásticamente el crecimiento de las raíces debido a su dependencia de los productos de fotosíntesis proporcionados por la parte aérea Acevedo (1979).

La arquitectura de la raíz es un aspecto fundamental en el desarrollo de la planta teniendo en cuenta la necesidad de explotar un ambiente espacialmente heterogéneo. Muchos recursos del suelo están desigualmente distribuidos o están sujetos a una reducción localizada, por eso es que el desarrollo espacial del

sistema radical será en gran medida determinado por la habilidad de una planta de explotar estos recursos (Lynch, 1995 citado por Grosso, 2007). El patrón de crecimiento del sistema radical de una especie está determinado principalmente por su composición genética, como fue corroborado por Kutschera & Lichteenegger (1992) citados por Grosso, 2007. Sin embargo también está influenciado por la disponibilidad de agua, la temperatura, los nutrientes, las condiciones químicas y biológicas de los distintos horizontes del suelo (Fahn 1985: Schubert 1991 citados por Grosso, 2007).

Los árboles toman a través de las raíces los elementos esenciales disueltos en el agua. Cada uno de estos elementos tiene un papel específico en la planta y no puede ser reemplazado por otro. Muchas raíces viven en una relación simbiótica con ciertos hongos. El resultado de la asociación se denomina micorriza (raíz fungosa). En una simbiosis ambos organismos, el árbol y el hongo en este caso se benefician con este arreglo en su forma de vida. El hongo obtiene su alimento de las raíces del árbol y a cambio las ayuda en la absorción de agua y elementos esenciales (Sharon, 1999).

ANTECEDENTES

En la actualidad, en México no se cuenta con información suficiente en cuanto al uso de mezclas de sustratos en especies forestales (Fernández, 1986). Tampoco existen estudios sobre el crecimiento de *Quercus crassipes* utilizando distintos sustratos. A continuación se listan los trabajos recopilados que serán útiles para este trabajo.

Romero *et al.*, (2002), realiza una compilación del género *Quercus* (Fagaceae), en el Estado de México. Presentan la descripción morfológica de 23 especies de dicho género y son complementadas con datos de distribución, hábitat, fenología, nombres populares y usos; entre los taxa se encuentra la especie en estudio.

Por otra parte, Niembro y Fierros (1990), mencionan de manera general que la germinación de las semillas se encuentra fuertemente influida por las características físico-químicas del sustrato empleado, ya que puede favorecer o entorpecer la germinación.

Noir y Ruiz (1995) citado por Rentarías *et al.*, (1999), indican que para que se produzca la germinación es necesaria la interacción de factores externos (sustrato, temperatura, humedad, aireación e iluminación) y de factores internos o propios de la semilla (variabilidad y latencia).

Fernández (1986), asevera que en México no se cuenta con información suficiente en cuanto al uso de mezclas de sustratos en especies forestales. Además de que el viverista ha tenido por muchos años que conformarse con el sustrato que encuentre más a la mano, utilizando en ocasiones un sólo sustrato para toda la producción independientemente de las especies y del tiempo que las plantas permanezcan en el vivero.

Aparicio *et al.*, (1999), realizó un estudio para evaluar el efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula*, *Pinus montezumae* y *Pinus*

pseudostrobus, obteniendo que es conveniente emplear los sustratos: 50% tierra de monte y 50% arena de mina ó 100% tierra de monte.

Reyes *et al.*, (2005), realizó un estudio donde evaluó el efecto sobre el crecimiento inicial de *P. pseudostrobus var. apulcensis* usando diferentes mezclas con: aserrín, tierra de monte, corteza de pino, peat moss y agrolita, donde obtuvo que la mezcla de 80% aserrín + 20% peat moss presentó los valores más altos de crecimiento en diámetro y altura, peso seco de raíz, peso seco de la parte aérea, relación aérea/raíz e índice de calidad de Dickson. Para el índice de esbeltez, la mezcla de 80% aserrín + 20% tierra de monte presentó los valores más altos.

Olivo *et al.*, (2006) realizó un estudio donde evaluó la influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa*; los tratamientos utilizados fueron: en proporción 1:1 un componente orgánico (fibra de coco o turba de *Sphagnum sp.*) y otro inorgánico (pumita, vermiculita o perlita). Presentando los mejores resultados las plantas desarrolladas sobre vermiculita, siendo la combinación con turba la que alcanzó el mayor tamaño en todas las variedades estudiadas. También evaluó tres índices para determinar la calidad de la planta, mostrando el mejor comportamiento los sustratos con vermiculita.

Existe un estudio realizado por la SAGARPA y el INIFAP (2002) donde utilizan diferentes mezclas de sustratos como alternativa para la producción de *Pinus ayacahuite*. Estas mezclas se conforman de fibra de coco y bagazo, en sustitución de tierra de monte y Peat moss. En este estudio se presentan las aplicaciones que tienen estos sustratos, su costo estimado, su disponibilidad y su impacto potencial entre otros.

Chacalo *et al.*, (2000), realiza un estudio utilizando dos especies de *Quercus*: *crassifolia crassipes* y una de Fresno (*Fraxinus uhdei*), donde evalúa el crecimiento radical en rizotrones en dos diferentes tipos de suelo, analizando sus características físicas y químicas. Teniendo como resultado que la raíz de *Fraxinus uhdei* obtuvo un mejor crecimiento radical en suelos de textura gruesa y fina, que ambas especies de *Quercus*.

OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el crecimiento de *Quercus crassipes* bajo condiciones de vivero en diferentes sustratos analizando sus características físicas y químicas.

Objetivos particulares

- Evaluar el crecimiento de plantas de *Quercus crassipes* monitoreando el tallo, hojas y raíz en diferentes sustratos.
- Evaluar los siguientes parámetros físicos de los diferentes sustratos: Densidad aparente (DA), Densidad real (DR), Porosidad y Humedad del suelo.
- Evaluar los siguientes parámetros químicos de los distintos sustratos: contenido de materia orgánica (MO), pH, Capacidad de intercambio catiónico total (CICT), contenido de Nitrógeno total (NT) y Fósforo Total (F.T).
- Evaluar el crecimiento de la raíz de *Quercus crassipes* en rizotrones, a través del registro de las dimensiones y tipo de sistema radical.

CARACTERÍSTICAS DEL SITIO DE RECOLECCIÓN DE FRUTOS

Localización, el municipio de Nicolás Romero, está ubicado en la región noroeste del Estado de México, en la porción occidental de la cuenca de México y colinda con los municipios de Villa del Carbón y Tepotzotlán al norte; al sur con Atizapán de Zaragoza, Isidro Fabela y Temoaya; al este con Cuautitlán Izcalli y al oeste con Jiquipilco y Villa del Carbón; se encuentra en las coordenadas geográficas extremas: Latitud Norte: del paralelo 19° 33' 50" al paralelo 19° 42' 16", y de Longitud Oeste del meridiano 99° 15' 53" al meridiano 99° 32' 00" (Fig. 2).

Según información del INEGI-IIIGCEM, el municipio de Nicolás Romero cuenta con una superficie de 23,351 has, que representan un 1.04% de la superficie total del Estado de México, siendo su cabecera municipal la ciudad Nicolás Romero.

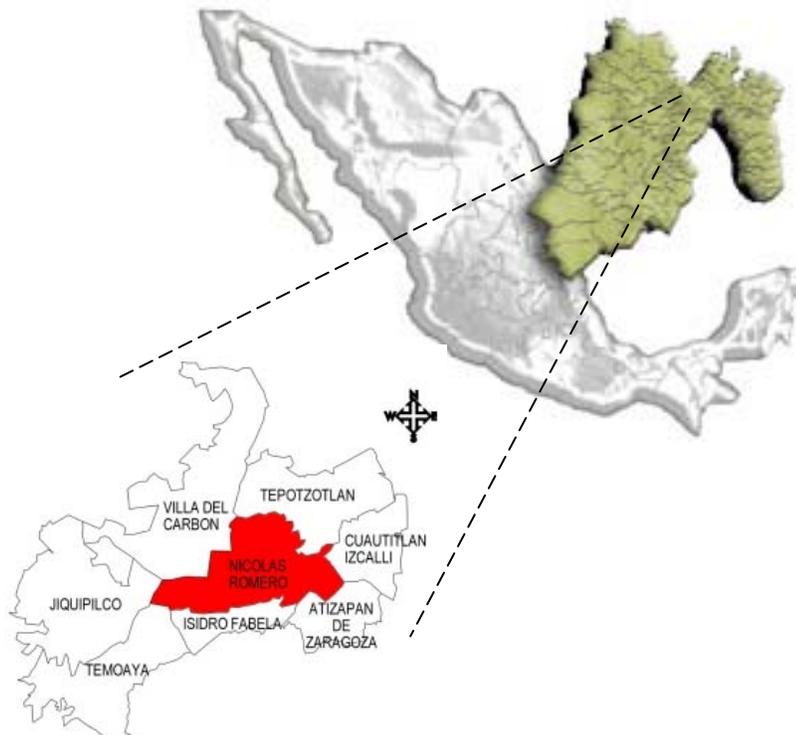


Fig. 2. Mapa de ubicación del Municipio de Nicolás Romero

Clima, en el Municipio de Nicolás Romero predominan tres tipos de climas:

El subgrupo semifrío C(E), que se ubica a altitudes mayores a 2,900 m.s.n.m.; cuenta con una temperatura promedio anual de 12°C, con una precipitación anual que oscila entre 1,100 y 1,200 mm. Este clima se presenta en la parte poniente del municipio.

El clima templado subhúmedo C(W2) se encuentra entre los 2,400 y 2,900 m.s.n.m., con una precipitación media anual que oscila entre 1,000 y 1,100 mm., este clima se presenta en la parte central del municipio, donde se localizan los poblados de Cahuacán, San José del Vidrio y parte de San Francisco Magú.

El clima templado subhúmedo del subgrupo C(W1), presenta una precipitación pluvial entre 800 y 900 mm, la temporada de lluvias se presenta en el verano, mientras que el resto del año son escasas. La temperatura media anual es de 16 °C, la temperatura mínima es de 5°C y la máxima de 34°C, este clima se presenta en el área urbana del municipio. (Fig. 3 y 4)

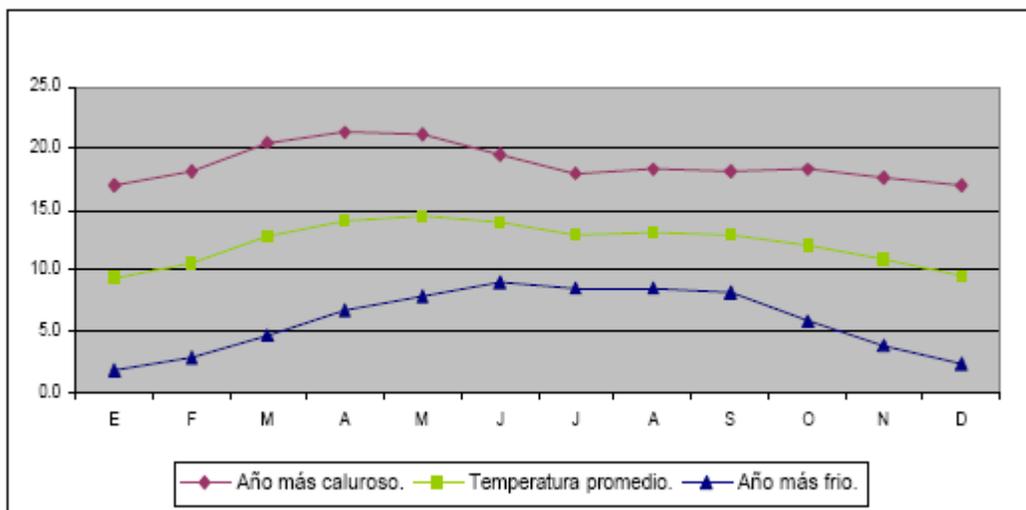


Fig. 3. Oscilación de la temperatura durante el período 1950-1995

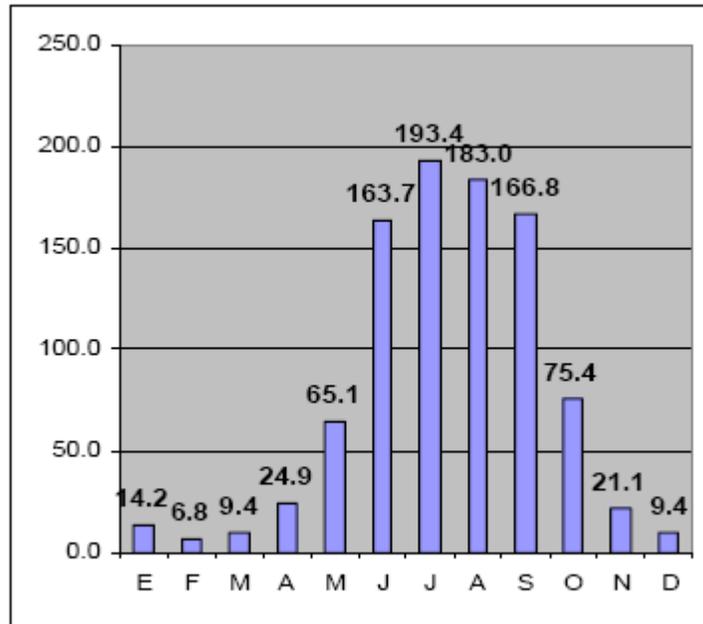


Fig. 4. Promedio mensual de precipitación

Suelos (geología y edafología), el territorio del municipio de Nicolás Romero se ubica en la provincia del Eje Neovolcánico. Las regiones centro, norte y este están compuestas por rocas sedimentarias clásticas del terciario, lutitas, areniscas y conglomerados; en el sureste y suroeste son rocas ígneas extrusivas, tobas y brecha volcánica. La zona más baja colinda con Cuautitlán Izcalli y se encuentra en los límites del Valle Cuautitlán-Texcoco, constituida en su mayoría por depósitos aluviales recientes.

En lo referente a fallas y fracturas en el municipio existen dos fallas, una de ellas se ubica en el ejido de Cahuacán y la otra entre la Cañada y los Duraznos, y existen 35 fracturas distribuidas en todo el territorio municipal.

En general, son cinco los materiales litológicos que se identifican: andesitas al poniente del municipio, brechas volcánicas en la parte centro-poniente y tobas, areniscas y conglomerados en el resto de la parte central y oriente del municipio, donde se encuentra el área urbana y poblados. Los materiales predominantes en esta zona son tobas, los cuales tienen posibilidades de uso urbano.

Los tipos de suelo que se presentan en Nicolás Romero se distribuyen de la siguiente manera: en la parte oeste hasta la porción media del municipio se presentan el Andosol ótrico (To) y húmico (Th), recomendables para el uso forestal. En la porción central del municipio se identifican suelos de tipo Luvisol crómico (Lc), recomendable para el uso forestal, Vertisol pélico (Vp) y el crómico (Vc), recomendables para la ganadería extensiva, y el Litosol, recomendable para el uso urbano y forestal. En la parte oriente colindante con la presa de Guadalupe se presenta un suelo de tipo Luvisol asociado a Feozem y Cambisol, recomendable para el uso forestal y la agricultura. En la porción sureste del municipio se encuentran una zona de una asociación edáfica de un Vertisol asociado a un Cambisol y Litosol.

Algunas limitantes edafológicas para el desarrollo urbano que se presentan en el municipio son: presencia de suelos expansivos como el Vertisol crómico y el pélico, estos se ubican principalmente en la cabecera municipal, los andosoles húmicos y ótricos que se presentan a 2,850 y hasta 3,450 m.s.n.m. tienen riesgo de colapsamiento, por lo que no son aptos para los asentamientos humanos.

Aprovechamiento actual del suelo, el municipio de Nicolás Romero tiene una superficie total de 23,350.8 has. de las cuales 2,807 has. son para uso urbano, 9,924 has. de uso forestal, 2,722 has. para la actividad pecuaria y 5,434 has. para el uso agrícola, donde se cultiva principalmente avena forrajera, maíz, papa, cebada, haba, frijol y trigo. De las 5,434 has. de uso agrícola 4,120 son de temporal, 1,099.82 de riego y temporal y 214.61 sólo con riego. Respecto al uso del suelo, las actividades pecuarias se realizan con cuatro especies: bovinos, ovinos, porcinos y aves de corral. (Fig. 5).

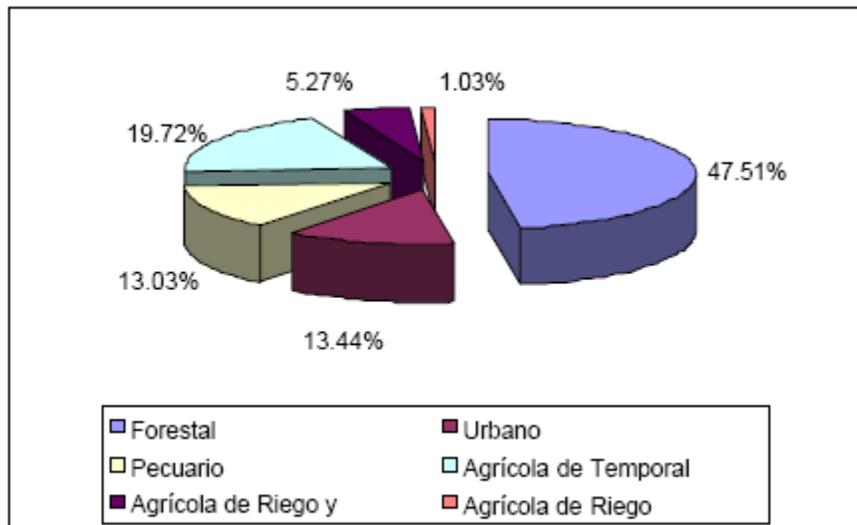


Fig. 5. Aprovechamiento actual del suelo

Principales ecosistemas, a pesar del deterioro de la vegetación, aún se encuentran regiones que conservan una diversidad de flora y fauna importante.

Las coníferas y encinos se ubican en los bosques de los poblados de Cahuacán, San Juan de las Tablas y Transfiguración. Otros árboles comunes son: encino, oyamel, pino, aile, madroño, trueno, pirúl, eucalipto; entre la fauna del municipio están: liebre, conejo, ardilla, tejón, tlacuache, armadillo y algunas especies de serpientes.

MATERIAL Y MÉTODO

Trabajo de campo

Se realizó la recolección de los frutos (bellotas) bajo las copas de los diferentes individuos de *Quercus crassipes* en el municipio de Villa Nicolás Romero.

Trabajo en laboratorio

Las bellotas de *Q. crassipes* recolectadas se transportaron al Laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos de la FES - Iztacala, posteriormente se lavaron con agua corriente y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 15% durante quince minutos.

Para realizar la prueba de germinación se tomaron varios frutos y se remojaron en agua durante 24 horas, transcurrido el tiempo los frutos se dejaron secar para después registrar el peso de 250 bellotas (únicamente utilizadas para este estudio), mismas que se escarificaron para posteriormente extraer y registrar el peso de sus semillas. La escarificación fue de manera mecánica con navajas cutter sobre una superficie de madera.

Se establecieron 5 lotes con 50 semillas cada uno. Para ello se utilizaron cajas de plástico tipo domo, usando como sustrato papel absorbente (servi-toallas) embebido en agua.

Con el fin de mantener uniformes las condiciones de luz y temperatura, los domos se colocaron en cámara de germinación a una temperatura de 22 -24°C, humedad a imbibición y foto periodo de 24 horas luz (Rubio, 2006) durante dos semanas, tiempo en que las semillas alcanzaron el 100% de germinación.

Una vez iniciada la germinación se midió cada tercer día, en un periodo de dos semanas, el largo y diámetro de la radícula en cada semilla.

De las 250 semillas germinadas, 30 se usaron para cada tratamiento (mezclas y testigos dando un total de 180 semillas) y 5 semillas para cada rizotrófon (dando un total de 30 semillas), las restantes se usaron solo para sustituir aquellas semillas que murieran plantadas en los vasos con cada tratamiento.

Para la elaboración de mezclas se usaron en total ocho materiales, de los cuales los orgánicos fueron: tepojal, tierra negra, corteza de pino, lombriz-composta, fibra de coco y peat moss y los inorgánicos: vermiculita y agrolita.

En lo que respecta a la fibra de coco y la corteza de pino, ambas fueron sometidas a trituración con un molino manual para facilitar el manejo y la elaboración de las mezclas; los demás materiales se utilizaron de la misma forma en que se encuentran a la venta.

Se elaboraron cuatro mezclas de sustratos con base en sus características físicas y químicas obtenidas bibliográficamente (Cuadro 2), considerando los sustratos más usados por los viveristas (Valencia 2004).

Para las mezclas preparadas y el manejo de los datos, se usaron las siguientes siglas: mezcla1 (M1), mezcla2 (M2), mezcla3 (M3), mezcla4 (M4), testigo positivo T(+) y testigo negativo T(-), donde las proporciones fueron las siguientes.

Cuadro 2. Proporciones de los componentes que forman cada mezcla

TRATAMIENTO	PROPORCIONES
M1	30% peat moss + 30% tepojal + 40% corteza de pino
M2	40% composta + 30% agrolita + 30% tierra negra
M3	40% tierra negra + 30% vermiculita + 30% fibra de coco
M4	40% peat moss + 30% tepojal + 30% tierra negra
T(+)	100% tierra negra
T(-)	100% tepojal

Una vez preparadas las mezclas, se separó una mínima parte para realizar los análisis físicos y químicos en el Laboratorio de Edafología de la Unidad de Biotecnología y Prototipos de la FES – Iztacala, posteriormente a cada mezcla se le realizaron las siguientes determinaciones con base al Manual de Métodos de Análisis de suelo (Muñoz *et al.*, 2000)

- Densidad aparente (Método volumétrico o de la probeta).
- Densidad real (Método del picnómetro)
- Porosidad (Ambos métodos anteriores)

- Humedad del suelo (Método gravimétrico)
- pH (Método potenciométrico)
- Materia orgánica (Método de oxidación con ácido crómico y ácido sulfúrico)
- Capacidad de intercambio catiónico total (Método volumétrico del versenato)
- Nitratos total (Método colorimétrico semicuantitativo de La Motte – Tuf Lab soil test Kit, Model TL-2, Code 5414)
- Fósforo Total (Método colorimétrico semicuantitativo de La Motte – Tuf Lab soil test Kit, Model TL-2, Code 5414)

Trabajo en vivero

Transcurridas las dos semanas en cámara de germinación, las plantas fueron trasplantadas a recipientes sin fondo, dichos recipientes se colocaron en camas de malla de alambre dentro de una casa de sombra en el vivero anexo al Laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FES-I). Se utilizó un diseño experimental completamente al azar en cada mezcla y testigos; cada tratamiento contó con tres repeticiones de 10 plantas (30 plantas por unidad experimental), dando un total de 18 unidades experimentales. Se aplicaron riegos normales cada tercer día durante

Al momento en el que los tallos de las plantas alcanzaron 10 cm de longitud se trasplantaron a bolsas negras de polietileno de 10 x 20 cm, llenadas previamente con la mezcla correspondiente.

El crecimiento de las plantas en condiciones de vivero fue monitoreado realizando mediciones cada semana durante el periodo de estudio. Registrando así el diámetro y largo del tallo, número de hojas y cobertura, para esta última se midió el largo y ancho.

Con el objeto de observar la raíz de las plantas se realizaron semillados en rizotrones. Los rizotrones son contenedores de 60 cm de largo x 60 cm de ancho y 4 cm de espesor, con una cara de acrílico, por la que se puede observar el crecimiento de las raíces. Para evitar la entrada de luz y pérdida de humedad, el

acrílico se cubrió con un paño negro, mismo que se retiraba para observar y medir el diámetro y la longitud de la raíz principal y de sus ramificaciones. Cada rizotróon contenía los distintos tratamientos; en cada uno de ellos se colocaron cinco plántulas, dando un total de 30 plántulas distribuidas en 6 rizotrones. El tiempo de monitoreo fue de dos meses, tiempo en el que aproximadamente todas las raíces alcanzaron el fondo del rizotróon.

Análisis de los datos

De los pesos obtenidos en 250 frutos y 250 semillas se determinaron los promedios, utilizando la fórmula básica de Microsoft Excel para sacar promedios; lo anterior con el objeto de conocer el valor del peso en el que se encontraban nuestros frutos y semillas; así como para identificar los máximos y mínimos correspondientes

Transcurridas las 2 semanas de germinación para las semillas, se determinó el porcentaje de mortalidad; para ello se realizó una regla de tres estableciendo el 100% de sobrevivencia con las 250 semillas establecidas al inicio de la germinación, y determinando el porcentaje de mortalidad con las 22 semillas que murieron al transcurrir las 2 semanas.

Respecto al crecimiento del largo y ancho de la raíz, se realizaron diferentes análisis de regresión en base al libro de Bioestadística de la FES-Iztacala (Duran *et al.*, 2005), para determinar el tipo de relación funcional entre las variables; tiempo-longitud y tiempo-ancho de raíz. Se utilizó el valor de R^2 para determinar si el ajuste fue o no el adecuado, Finalmente se realizaron gráficos de dispersión para los modelos obtenidos, usando las herramientas del gráfico y fórmulas de Microsoft Excel.

Se realizó un análisis de varianza (ANOVA factorial) para un diseño experimental con dos factores: semana y sustrato, sobre las variables estudiadas: altura, diámetro, cobertura total, número de hojas y porcentaje de sobrevivencia.

Se utilizaron estadísticas descriptivas de las variables estudiadas mediante diagramas de caja, para ambos factores: semana y sustrato. Utilizando para ello el programa MINITAV versión 5.

El análisis de los resultados obtenidos en el estudio físico y químico de los parámetros se realizó en base a los siguientes autores: Muñoz *et al.*, 2005, Donoso 1992, Ruano 2003, Sharon *et al.*, 1999, Bear 1969 y Bohn *et al.* 1993.

La descripción de las raíces observadas en los rizotrones se realizó de forma descriptiva y en base al siguiente autor: Chacalo *et al* (2000); también se realizaron gráficos de los promedios de la medición del largo de la raíz de cada sustrato, utilizando las herramientas del gráfico y fórmulas de Microsoft Excel.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Peso de frutos y semilla



Fig. 6 Frutos y semillas de *Q. crassipes*

Los resultados obtenidos del peso de los frutos y las semillas muestran que en promedio los frutos pesan 3.683g, con un máximo de 6.835g y un mínimo de 1.199g. Para las semillas el peso en promedio se encuentra en 1.939g, con un máximo de 3.494g y un mínimo de 0.45g (Fig. 6).

Crecimiento en cámara de germinación

De las 250 semillas establecidas para la germinación, correspondientes al 100%, sólo el 9% murió. Las semillas empezaron a germinar al tercer día de haber sido colocadas en los domos, alcanzando el 100% de la germinación al décimo día.

Durante el monitoreo se observó que la radícula alcanzó en 18 días un promedio de máximo 0.21mm de diámetro (Cuadro 3).

Tiempo (días) x	Diámetro (mm) y
1	0
3	0.1
6	0.15
9	0.17
12	0.19
15	0.18
18	0.21

Cuadro 3. Crecimiento (promedios) del diámetro de la raíz a través del tiempo

La curva de crecimiento del diámetro de raíz revela mayor crecimiento del tiempo cero al tiempo uno, comportándose los tiempos 3, 6, 9, 12, 15 y 18 casi de la misma forma; a pesar de que en el tiempo 15 hubo un ligero decremento, el comportamiento fue de tipo logarítmico con un valor de $r^2 = 0.93$, lo que indica que el ajuste realizado es muy bueno. Esto es que la variación entre lo observado y lo esperado es muy pequeña, lo que indica que el modelo logarítmico si satisface los datos (Fig. 7).

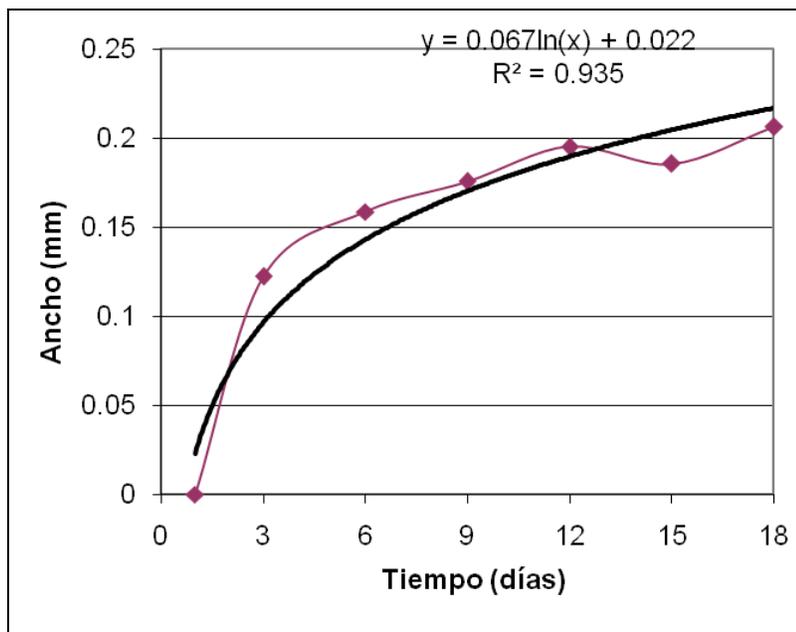


Figura 7. Muestra el crecimiento del ancho de la raíz, donde se grafican los promedios del crecimiento del ancho (y) a los diferentes tiempos (x) (cada tercer día) hasta las dos semanas (T6).

De igual manera, al monitorear el crecimiento del largo de la raíz se observó que en un tiempo de 18 días se alcanzó en promedio un máximo de 3.9 cm de largo (Cuadro 4).

Tiempo (día) x	Largo (cm) y
1	0
3	0.13
6	0.86
9	1.68
12	2.34
15	3.09
18	3.94

Cuadro 4. Muestra los días y los promedios obtenidos en los que se midió el largo de la raíz hasta llegar al día 18.

La curva de crecimiento del largo de la raíz revela un comportamiento de tipo lineal con un valor de $r^2 = 0.9931$, lo que indica que el ajuste realizado de los datos es muy bueno. Esto es que no existe variabilidad considerable entre los valores observados y los esperados lo que indica que el modelo lineal si satisface a los datos. Con base en lo anterior, podemos decir que el modelo lineal es adecuado para explicar el comportamiento de los datos (Fig. 8).

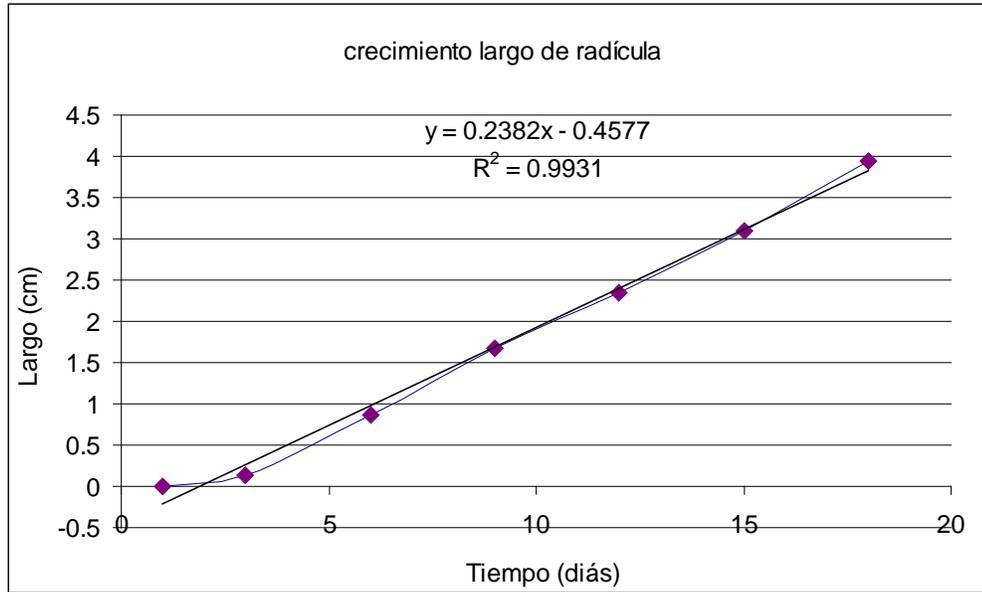


Figura 8. Muestra el crecimiento del largo de la radícula, donde se grafican los promedios obtenidos del crecimiento (y) a los diferentes tiempos (x).

Como resultado de ambas mediciones tenemos que el largo de la raíz no es directamente proporcional al ancho de la misma, puesto que a pesar de que se observa que ambas crecen por igual; el ancho de la raíz no aumenta en proporción al tiempo y velocidad con la que el largo de la misma lo hace.

- Crecimiento ex situ (post emergencia)

Análisis de varianza con dos factores.

Al comparar en el análisis de varianza de las cinco variables estudiadas (altura y diámetro del tallo, cobertura total, número de hojas y porcentaje de sobrevivencia) con relación al crecimiento por semana se encontraron diferencias significativas con valores de $P < 0.05$ (Cuadro 4).

Origen	Altura		Diámetro		Cobertura total		# Hojas		% Supervivencia	
	F	P	F	P	F	P	F	P	F	P
Semana	107.53	0.000*	29.95	0.000*	109.31	0.000*	34.56	0.000*	187.74	0.000*
Sustrato	6.71	0.000*	9.56	0.000*	13.20	0.000*	31.71	0.000*	658.69	0.000*
Semana por Sustrato	1.57	0.003*	1.84	0.000*	1.30	0.054	1.20	0.137		

Cuadro5. Análisis de varianza para las variables altura, diámetro, cobertura total, número de hojas y % de supervivencia, en respuesta a cuatro mezclas de sustratos y dos testigos en el crecimiento de *Quercus crassipes* (donde el * muestra la diferencia significativa con valor de $p < 0.05$ en las variables estudiadas).

Al comparar las cinco variables con el tiempo (semanas) de estudio, se encontraron diferencias significativas en todas las variables, con valores de $P < 0.05$.

Al comparar las cinco variables con los seis sustratos estudiados se encontraron diferencias significativas en todas ellas, con valores de $P < 0.05$.

De la misma forma al comparar las mismas variables con el tiempo (semanas) y sustratos, se observó que sólo la altura y diámetro del tallo presentaron diferencias significativas, con valores de $P < 0.05$.

Diagramas de cajas que muestran la interacción de las variables estudiadas contra las semanas de crecimiento.

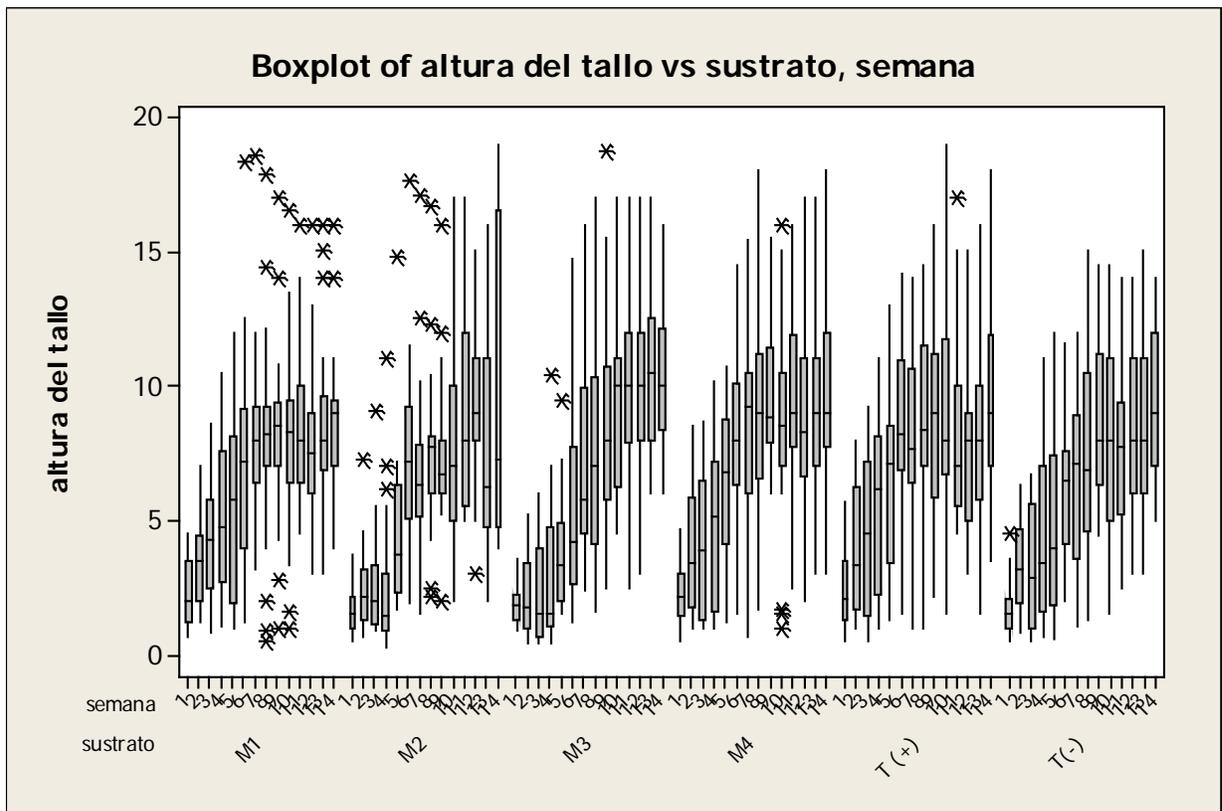


Figura 9 Diagrama de caja que muestra el comportamiento de la altura del tallo en comparación con las semanas de medición en cada uno de los tratamientos (Los * son valores que caen fuera del resto de los datos).

En general todos los tratamientos presentan un comportamiento casi uniforme con esta variable estudiada; en el diagrama de caja (Fig. 9) se observa la tendencia de la media a incrementarse conforme pasan las semanas. La M2 presenta mayor dispersión en sus datos al transcurrir el tiempo (cajas más amplias que simbolizan mayor dispersión de datos). Es notable ver que desde la semanas 5 hasta la 13 de algunos tratamientos presentaban valores de cero entre sus datos; esto se debe a que cuando se realizaron las mediciones y se registraron, algunos individuos presentaron muerte de sus tallos. Sin embargo, varios produjeron rebrotes posteriormente.

En el mismo diagrama se observa como la M1 es el tratamiento que presenta más valores que caen fuera del resto de los datos, pero también cajas más cortas.

Sustratos como M3 y M4 presentan una gran similitud en su comportamiento, al igual que los testigos T(+) y T(-).

Transcurridas las 14 semanas de medición la mayor altura la presentaron los individuos de la M2 y el T(+), con 19 cm para ambos, la M2 alcanzó esa altura en la semana 14 y el T(+) en la semana 10.

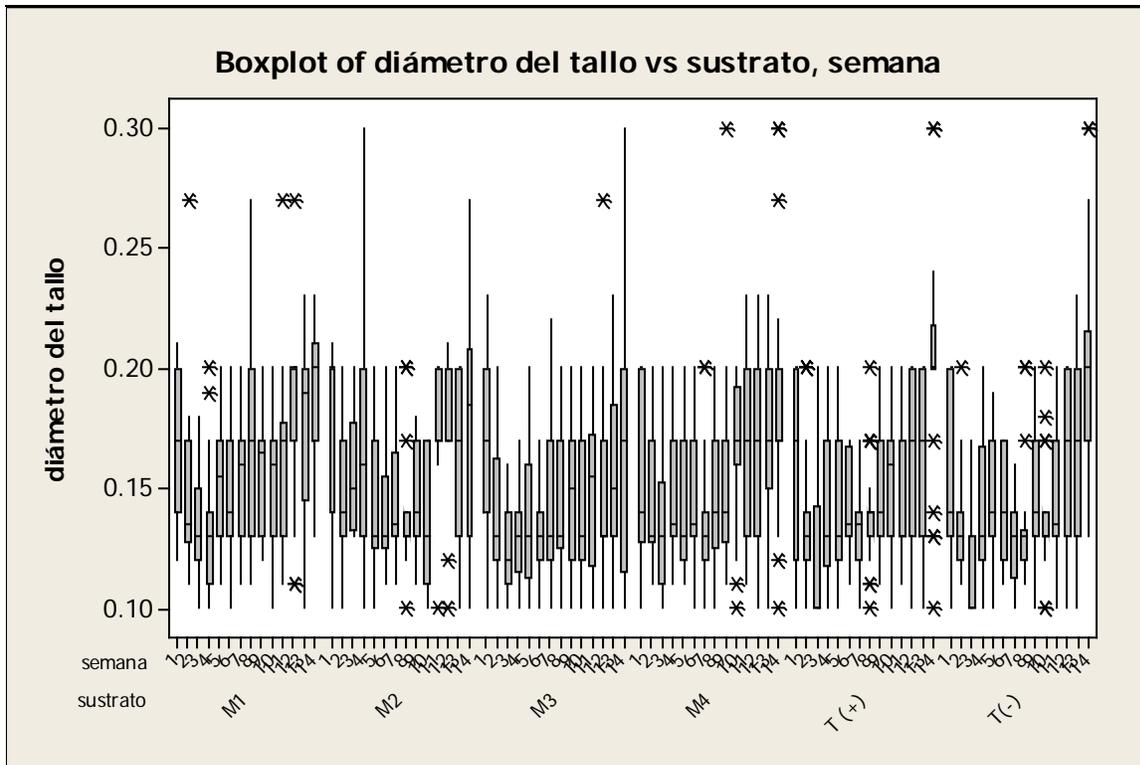


Figura 10 Diagrama de caja que muestra el comportamiento del diámetro del tallo en comparación con las semanas de medición en cada uno de los tratamientos (Los * son valores que caen fuera del resto de los datos).

El diagrama de caja (Fig. 10) muestra el comportamiento del diámetro del tallo a través de las semanas de medición para cada uno de los tratamientos; este parámetro estudiado fue el único que presentó un comportamiento más uniforme a diferencia de las demás variables estudiadas. El diámetro presentó una media de 2.2mm (ver anexo) y un mínimo de 1.0mm en casi todas las mediciones; sin embargo, hubo semanas como la número 5 de la M2 y la número 14 de la M3 donde el diámetro alcanzó los 3.0mm, este fue el único parámetro donde se observa la tendencia de la media a mantenerse.

Las semanas 8 de la M1, la 14 de la M2 y la 14 del T(-), produjeron individuos con tallos de 2.7mm de diámetro.

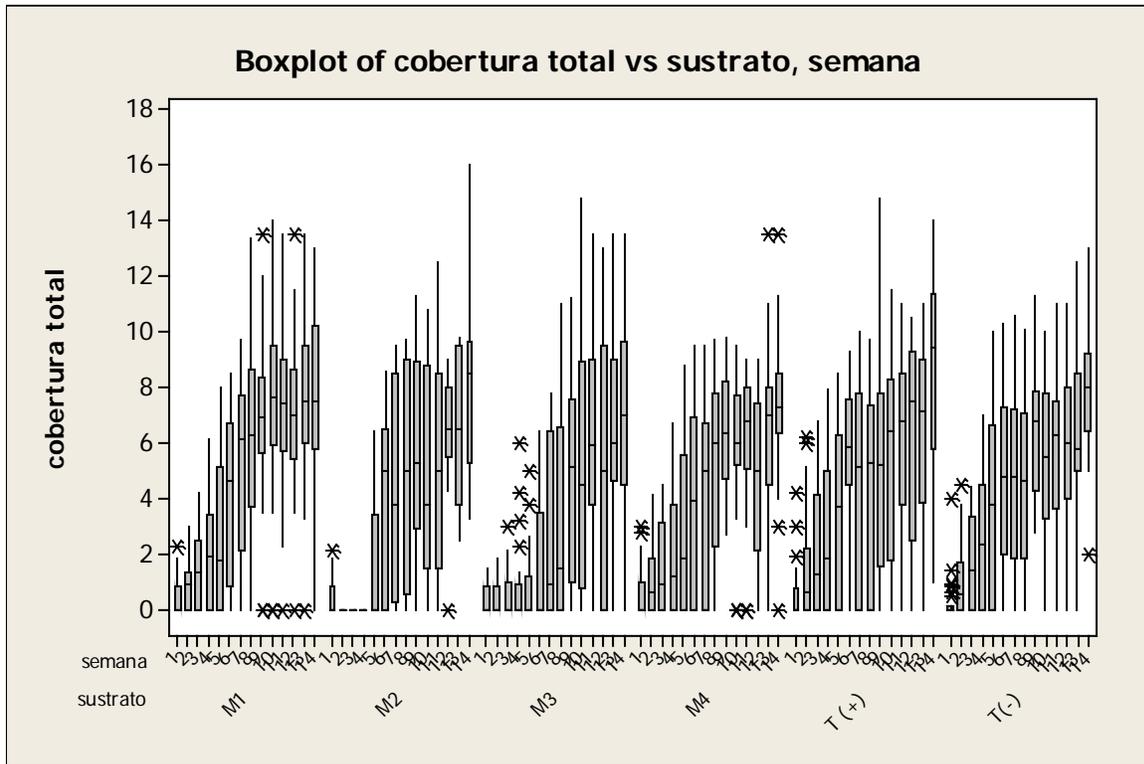


Figura 11 Diagrama de caja que muestra el comportamiento de la cobertura total en comparación con las semanas de medición en cada uno de los tratamientos (Los * son valores que caen fuera del resto de los datos).

El diagrama de caja muestra (Fig. 11) el comportamiento de la cobertura total de las plántulas a través de las semanas de medición; en todos los sustratos se observa la tendencia de la media a incrementarse a través del tiempo. El sustrato M1 en comparación con los demás, presenta poca dispersión de los datos (cajas pequeñas) y un comportamiento más uniforme; los demás sustratos M2, M3, M4, T(+) y T(-) presentan cajas más amplias, valores de cero en varias de las semanas y mayor dispersión en sus datos.

De los seis sustratos estudiados el T(+) presenta en promedio las plantas con los valores más altos de cobertura (8.8cm) (ver apéndice), pero el sustrato M2 muestra plantas con los valores más altos (16cm) de cobertura en la semana 14.

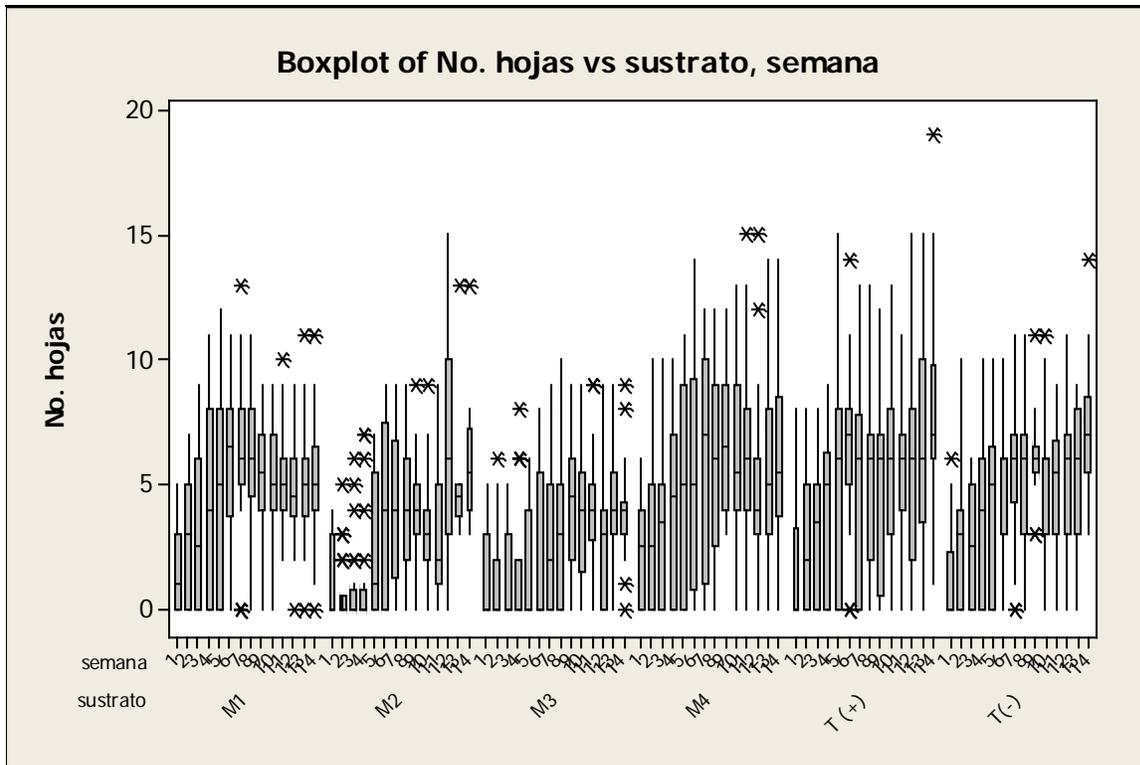


Figura 12 Diagrama de caja que muestra el comportamiento del número de hojas en comparación con las semanas de medición en cada uno de los tratamientos (Los * son valores que caen fuera del resto de los datos).

El diagrama de caja (Fig. 12) muestra el comportamiento del número de hojas a través de las semanas de medición: hay una gran dispersión de los datos en todos los tratamientos (lo que significa que cada planta contiene un número diferente de hojas); sin embargo, sustratos como M4 y T(+) presentan similitud en su comportamiento. El comportamiento de la media es variado en todos los sustratos y semanas, sin embargo hay una tendencia de esta a incrementarse y/o mantenerse. Se observan valores de cero en varias de las semanas.

El mayor número de hojas lo alcanzó la M2 y el T(+) con 15 hojas, la M2 alcanzó este valor en la semana 12 y el T(+) lo presentó en las semanas 12, 13 y 14; por otro lado, es muy notable ver que desde la semana 1 hasta la semana 10, en algunos casos, aún se encuentran valores de cero en el número de hojas. El T(+) en la semana 14 presentó plantas con 19 hojas; valor considerado como fuera del resto de los demás datos.

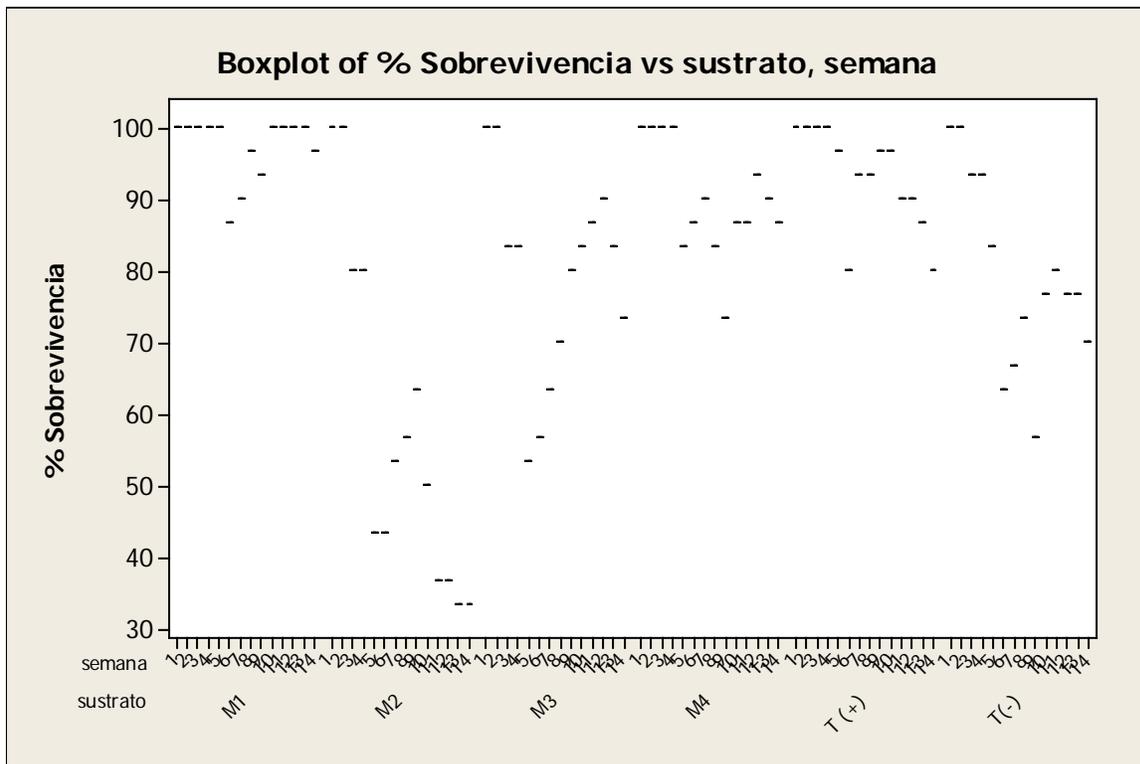


Figura 13 Diagrama que muestra el comportamiento en porcentaje de sobrevivencia en comparación con las semanas de medición y cada uno de los tratamientos.

El diagrama (Fig. 13) muestra el porcentaje de sobrevivencia que tuvieron las plántulas al transcurrir las semanas de medición. Es en las primeras semanas donde se observó el 100% de sobrevivencia para todos los tratamientos; cada sustrato presenta un comportamiento distinto, pero en todos hay un decremento en su porcentaje de sobrevivencia al transcurrir las siguientes semanas; sin embargo, el sustrato M2 fue el único que presentó en las últimas semanas valores menores al 40% de sobrevivencia, la M3 llegó a presentar valores menores al 60% y terminó con un valor menor al 70%, por su parte la M4 y el T(+) terminaron con 80% , seguida de la M3 y el T(-) con un 70%, y por último, M1 fue el único sustrato que alcanzó un porcentaje de 90% en sobrevivencia.

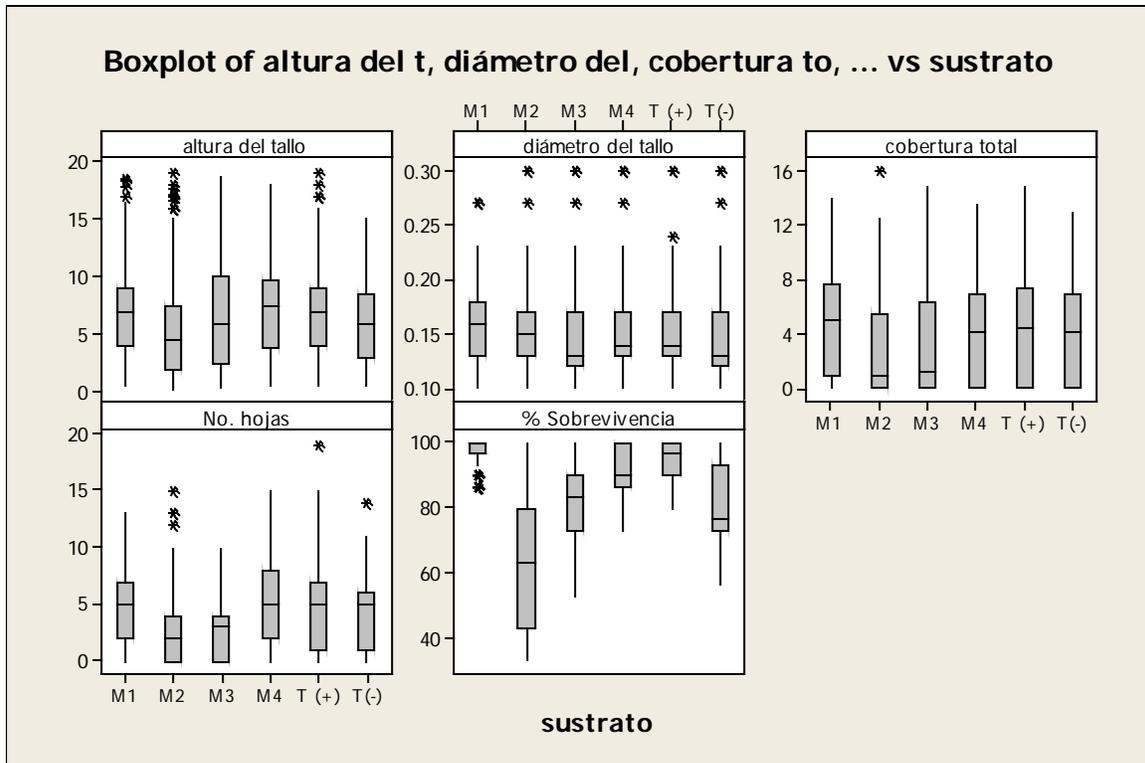


Figura 14 Diagrama de caja que muestra el comportamiento de todos los parámetros estudiados en comparación con cada uno de los tratamientos (Los * son valores que caen fuera del resto de los datos).

Los diagramas de caja (Fig. 14) muestran como fue el crecimiento de las plantas de los seis sustratos en relación con las cinco variables (altura, diámetro, cobertura total, # de hojas y % de sobrevivencia). Se observa un comportamiento muy similar entre cada uno de estos y más uniforme en especial para el diámetro del tallo; por otro lado, el porcentaje de sobrevivencia de las plantas presenta un comportamiento desigual en las distintas mezclas.

De lo anterior podemos decir que fue la M2, compuesta por 4% composta + 3% agrolita + 3% tierra negra, presentó plantas con tallos más altos, diámetro más gruesos y cobertura total más amplia; pero con un menor porcentaje de sobrevivencia (40%) al final del estudio. Por su parte la M1, compuesta por 30% peat moss + 30% tepojal + 40% corteza de pino, presentó mayor uniformidad en sus datos y en sus valores, además de que alcanzó el mayor porcentaje de sobrevivencia con 90%.

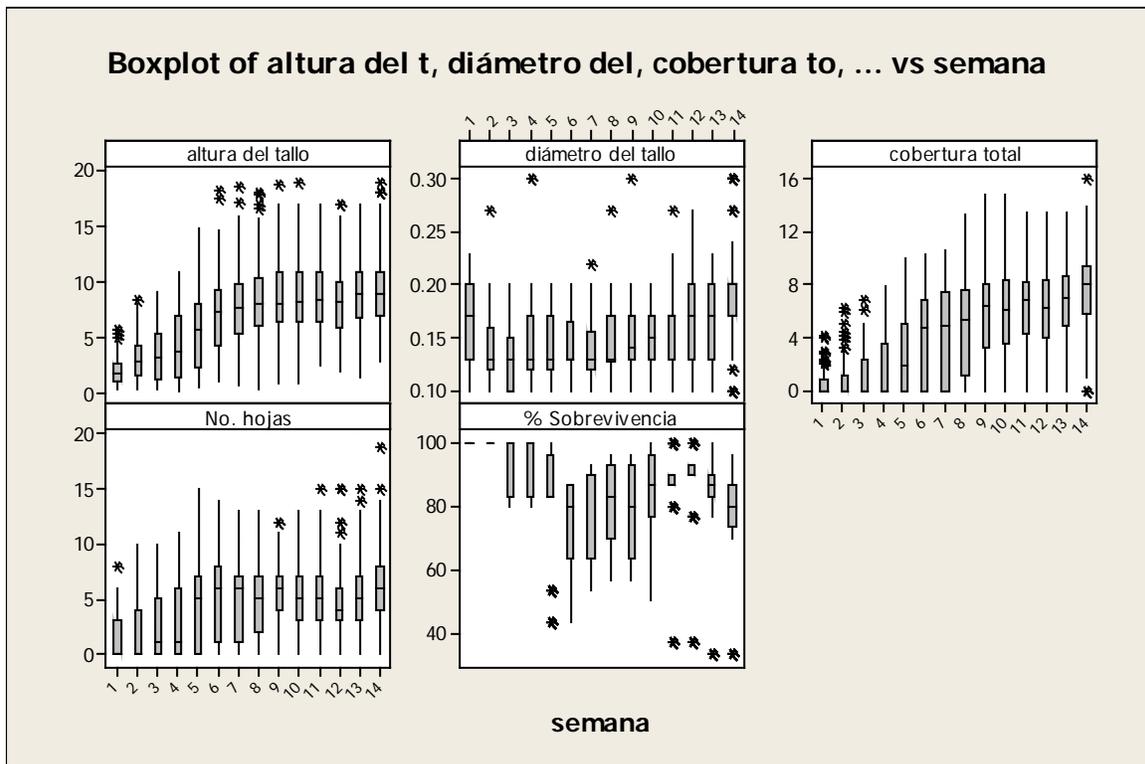


Figura 15. Diagrama de caja que muestra el comportamiento de todos los parámetros estudiados en comparación con las semanas de medición (Los * son valores que caen fuera del resto de los datos).

La figura 15 muestra el comportamiento de todas las plantas en los sustratos a través de las semanas de medición. En la altura del tallo, cobertura total y número de hojas se observa una tendencia de la media a incrementarse, a diferencia del diámetro del tallo que presenta un comportamiento más constante y uniforme; por otra parte, el porcentaje de sobrevivencia refleja en las primeras dos semanas un nivel máximo, decreciendo de manera notoria al transcurrir las siguientes semanas, presentado al final porcentajes mayores al 70% de sobrevivencia.

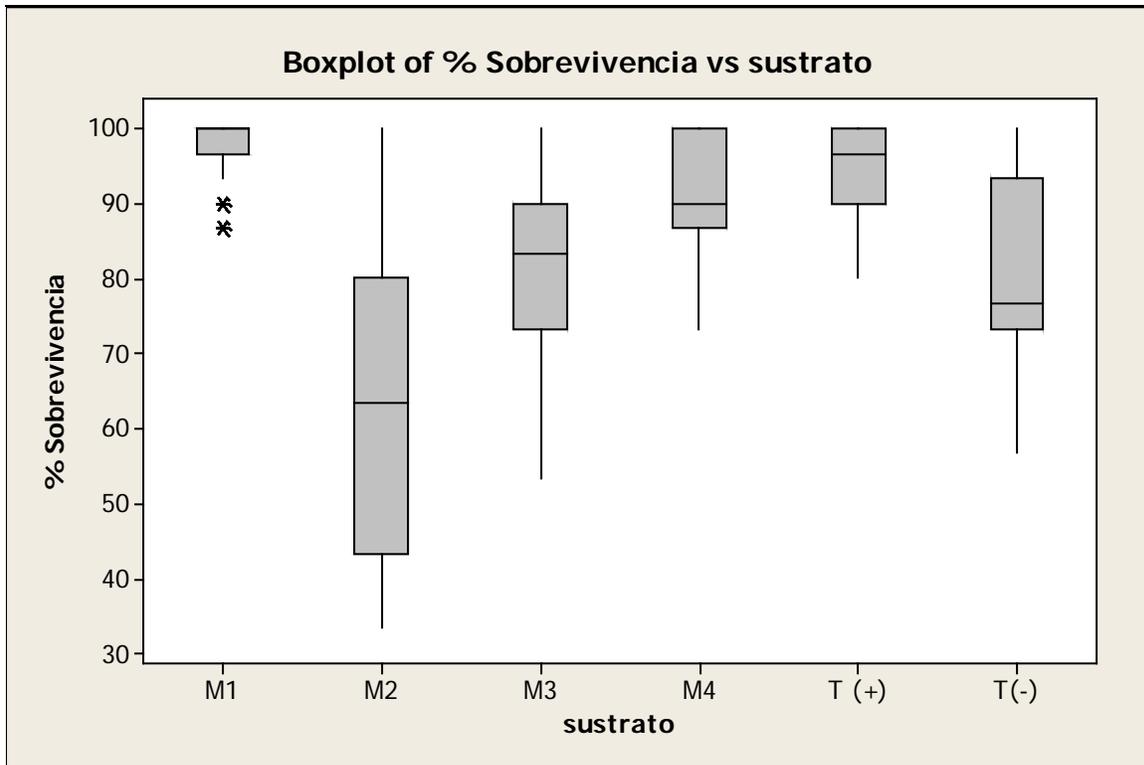


Figura 16. Diagrama de caja que muestra el comportamiento del porcentaje de sobrevivencia de cada uno de los sustratos (Los * son valores que caen fuera del resto de los datos).

El diagrama (Fig. 16) muestra el comportamiento de los sustratos en relación con la sobrevivencia de cada uno; observándose que el sustrato M1 presentó mayor índice de sobrevivencia, seguido del T(+), M4, M3, T(-) y M2, este último con el menor índice de sobrevivencia.

Comparando los 4 sustratos con los dos testigos, el M4 presentó un comportamiento muy similar al T(+); por su parte la M3 fue similar al T(-); M1 y M2 tuvieron comportamientos distintos.

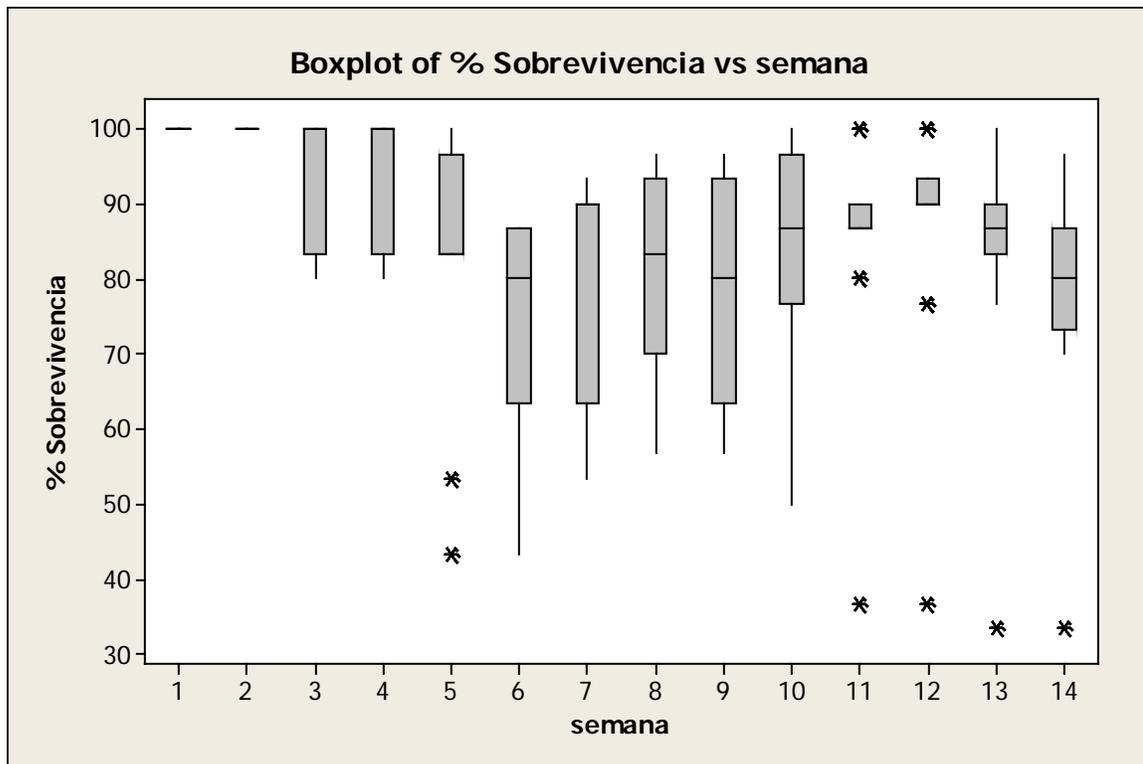


Figura 17. Diagrama de caja que muestra el comportamiento del porcentaje de supervivencia durante las semanas de medición (Los * son valores que caen fuera del resto de los datos).

El comportamiento de supervivencia a través del tiempo (Fig. 17) muestra que en las primeras dos semanas los porcentaje de supervivencia reflejan su nivel máximo (100%), en las siguientes 3 semanas hay un ligero decremento presentando valores mayores al 80%, en las siguientes 5 semanas (de la 6 a la 10) es más notable el decremento (valores menores al 50%), sin embargo en las últimas semanas se observaron valores mayores al 70%.

Resultados y análisis de las propiedades físicas y químicas de los sustratos.

De los resultados obtenidos en el análisis físico y químico de cada uno de los sustratos (Cuadros 6 y 7, casi todos mostraron similitud exceptuando el T(-) que resultó ser muy distinto (esto se debe a su origen y su composición que no es orgánica, sino mineral). Se encontró en el análisis resultados en densidad aparente y densidad real bajos, con alto porcentaje de porosidad y extremadamente ricos en materia orgánica, a excepción del T(-) que fue extremadamente pobre; el pH fue muy variado, desde neutro hasta extremadamente ácido; la capacidad de intercambio catiónico es alta en casi todos, a excepción de los testigos; el contenido total de nitrógeno y fósforo va de pobre a extremadamente rico para el primero y extremadamente pobre en su mayoría para el segundo.

Sustrato	Da (g/cm ³)	Dr (g/cm ³)	Poros (%)	Humedad (%)	pH	MO (%)	CICT (cmol (+) Kg ⁻¹)	NT lb/A	FT lb/A
M1	0.47	1.6	70.64	218.35	4.16	29.50	48.22	5	10
M2	0.59	1.6	63.13	129.82	7.55	17.11	36.26	>100	150
M3	0.21	1.0	79	340.54	5.27	34.36	46.17	100	10
M4	0.52	1.5	65	168.85	4.29	30.37	56.26	100	20
T(+)	0.6	1.6	62.5	168.46	4.8	21.67	26.54	>100	10
T(-)	1.09	2.1	48	55.67	6.77	0.59	25.79	7.5	10

Cuadro 6. Datos obtenidos del análisis físico y químico de los sustratos analizados, donde: Da = Densidad aparente; Dr = densidad real; P = porosidad; H = humedad; MO = materia orgánica; CICT = capacidad de intercambio catiónico total; NT = nitratos totales; FT = fósforo total. Sustrato: M1 = peat moss + tepojal + corteza de pino; M2 = composta + agrolita + tierra negra; M3 tierra negra + vermiculita + fibra de coco; M4 = peat moss + tepojal + tierra negra; T (+) = tierra negra; T (-) tepojal.

Sustrato	Da (g/cm ³)	Dr (g/cm ³)	POROS (%)	Humedad a C.C (%)	pH	MO (%)	CICT (cmol (+) Kg ⁻¹)	NT lb/A	FT lb/A
M1	MUY BAJO	MUY BAJO	MUY ALTO	MUY ALTO	EXTREM- ÁCIDO	EXTREM- RICO	ALTO	POBRE	EXT. POBRE
M2	MUY BAJO	MUY BAJO	ALTO	MUY ALTO	LIGERAMENTE ALCALINO	EXTREM- RICO	ALTO	EXT. RICO	RICO
M3	MUY BAJO	MUY BAJO	MUY ALTO	MUY ALTO	FUERTEMENTE ÁCIDO	EXTREM- RICO	ALTO	RICO	EXT. POBRE
M4	MUY BAJO	MUY BAJO	ALTO	MUY ALTO	EXTREM-ÁCIDO	EXTREM- RICO	ALTO	RICO	MUY POBRE
T(+)	BAJO	MUY BAJO	ALTO	MUY ALTO	MUY FUERTEMENTE ÁCIDO	EXTRE- RICO	MEDIO	EXT. RICO	EXT. POBRE
T(-)	MEDIO	BAJO	MEDIO	ALTO	NEUTRO	EXTREM- POBRE	MEDIO	POBRE	EXT. POBRE

Cuadro 7. Interpretación de los valores obtenidos en el análisis físico y químico (Manual de edafología Muñoz *et al.*, 2005).

Descripción físico-química de las mezclas

M1. Presenta densidad aparente y densidad real muy baja, su porcentaje de porosidad es muy alto al igual que su porcentaje de humedad, el pH es extremadamente ácido, y extremadamente rico en porcentaje de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico (CICT) es alta, pero en contenido de NT y FT es pobre y extremadamente pobre.

M2. Presenta densidad real y densidad aparente muy baja, su porcentaje de porosidad es alto y su porcentaje de humedad muy alto, con un pH ligeramente alcalino y extremadamente rico en materia orgánica, la capacidad que tiene para intercambiar nutrientes es alta, y también extremadamente rico y rico en NT y FT.

M3. Presenta densidad aparente y densidad real muy baja, con un porcentaje de porosidad muy alto al igual que su porcentaje de humedad, su pH es fuertemente ácido y extremadamente rico en el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio total es alta, es rico en NT pero extremadamente pobre en FT.

M4. Presenta densidad aparente y densidad real muy baja, con porcentaje de porosidad alto, y porcentaje de humedad muy alto, su pH es extremadamente ácido y extremadamente rico en materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico total es alta, y es rico en NT pero muy pobre en FT.

T(+). Presenta densidad aparente baja y densidad real muy baja, su porcentaje de porosidad es alto y su porcentaje de humedad muy alto, presenta un pH muy fuertemente ácido y es extremadamente rico en materia orgánica, su capacidad de intercambio catiónico total es media, pero extremadamente rico en NT y extremadamente pobre en FT.

T(-). Su densidad aparente es media y su densidad real en baja, su porcentaje de porosidad también es medio, pero su porcentaje de humedad es alto; aunque su pH es neutro, es extremadamente pobre en contenido de materia orgánica; su capacidad de intercambio catiónico es media, siendo pobre en NT y extremadamente pobre en FT.

Para hacer un análisis de los parámetros físicos y químicos mejor, se referirán conjuntamente los resultados de los sustratos M1, M2, M3, M4 debido a la similitud de los valores obtenidos, y el T(+) se analizará por separado en algunos aspectos.

La densidad aparente (DA), densidad real (DR) y porosidad de los sustratos M1, M2, M3, M4 y T(+) fueron muy similares entre ellos. La DA estuvo en la categoría de media y muy baja, con valores de 0.47 a 1.09 g/cm³ (Muñoz *et al.*, 2000), lo que indica que son sustratos livianos, porosos que no se compactan y con buen almacenamiento de agua (Donoso, 1992). La DR también fue muy baja, con valores de 1.0 y 1.6 g/cm³, indicando que hay una alta proporción de componentes orgánicos. El volumen de los poros resultó muy alto en M1 y M3, y alto en M2, M4 y T(+) con valores de 62 a 79 %, con excepción del T(-) que resulto estar en la categoría de medio con 48%, indicando que son sustratos bien aireados, con buen drenaje, buena penetración de las raíces, dando como resultado un buen crecimiento y desarrollo de las plantas (Donoso, 1992). Es importante mencionar que en base a los requerimientos de las plántulas cultivadas

en envases, el sustrato debe ser suficientemente poroso como para proporcionar un cambio eficiente de oxígeno y dióxido de carbono. Estos numerosos poros que se encuentran en medios de cultivo, están en función directa con el tamaño medio de las partículas, su disposición y el nivel de compactación a que está sometida el sustrato (Ruano, 2002).

Por otro lado, la M1 presentó un pH de 4.16 (extremadamente ácido), lo que influye en la asimilación de los nutrientes, en estas condiciones la asimilación del Nitrógeno y del Fósforo es deficiente; mismos que resultaron ser pobre y extremadamente pobre respectivamente (Nitrógeno 5.0 Lb/A y de Fósforo 10 Lb/A). Cabe mencionar que el Nitrógeno es un macroelemento muy importante y su deficiencia provoca una reducción del crecimiento de hojas y brotes; además de que las hojas se tornan amarillentas debido a los niveles reducidos de clorofila (Sharon, 1999).

La M2 presentó un pH de 7.55 (ligeramente alcalino), por lo que la asimilación del Nitrógeno es óptima, siendo los valores de este nutriente de >100Lb/A en la categoría de extremadamente rico. El Fósforo tuvo una concentración de 150Lb/A en la categoría de rico; sin embargo, el pH obtenido para esta mezcla (7.55) no favorece su asimilación, ya que en suelos orgánicos el Fósforo es mejor asimilado en pH de 5.0 a 6.5 (Ruano, 2003).

La M3 presentó un pH de 5.27 (fuertemente ácido) mismo que favorece la asimilación del Nitrógeno en suelos orgánicos, el rango óptimo para la asimilación es en un pH de 4.5 a 9.0 (Ruano, 2003). para esta mezcla se obtuvo una concentración de 100Lb/A estando en la categoría de rico, por lo que aunado a esto, su pH favorece su asimilación, sin embargo en el fósforo se encontró una concentraciones de 10Lb/A estando en la categoría de extremadamente pobre.

La M4 presentó un pH de 4.29 (extremadamente ácido), en estas condiciones no se favorece la asimilación del contenido de Nitrógeno ni del Fósforo, los cuales se presentaron en cantidades de 100Lb/A (rico) y 20Lb/A (muy pobre) respectivamente.

El T(+) presentó un pH de 4.8 (muy fuertemente ácido), el cual no favorece la asimilación del Nitrógeno y el Fósforo, por lo que se espera que sean deficientes a pesar de que resultaron con cantidades de 100Lb/A en la categoría de rico y 10Lb/A en la categoría de pobre respectivamente.

El T(-) presentó un pH de 6.74 (neutro), en donde el Nitrógeno se presentó en la categoría de moderadamente pobre (7.5 Lb/A) aunque las condiciones de asimilación se esperan que sean buenas debido a su pH, su contenido es muy poco al igual que el Fósforo (10Lb/A).

Materia orgánica.

La materia orgánica fresca es de mucho más valor, como fuente potencial de elementos nutritivos para las plantas, que el remanente que queda como producto final de la descomposición (Bear, 1969). La importancia que se le reconoce a la materia orgánica deriva de su intervención en procesos como: formación y estabilización de los agregados, adsorción, intercambio catiónico, suministro de energía y nutrientes, capacidad de retención de humedad y diversos procesos edafológicos. Además contribuye al crecimiento de la vegetación determinando las propiedades químicas, biológicas y físicas del suelo. La materia orgánica del suelo proporciona además macro y micronutrientes y fomenta la buena estructura (Bohn, 1993).

El color oscuro típico de muchos suelos lo origina la materia orgánica (Bohn, 1993); mismo que se observa en todas las mezclas de este estudio, debido a que sus componentes son orgánicos a excepción del T(-), el cual se considera inorgánico (Cuadro 2).

Todos los sustratos, a excepción del T(-), resultaron ser extremadamente ricos en materia orgánica. Cuando los porcentajes de materia orgánica son elevados como en las mezclas M1, M2, M3, M4 y T(+), existe un aumento

considerablemente de la capacidad de retención de agua y de la fertilidad (Ruano, 2008).

El contenido de materia orgánica influye en la retención del agua, llegando a tener hasta 20 veces su peso (Bohn, 1993); lo anterior coincide con nuestros resultados de humedad a capacidad de campo, donde casi todos los sustratos a excepción del T(-) presentan valores por encima del 100 % de humedad, lo que evita que haya desecación y contracción (Bohn, 1993).

Por otro lado, cuando las cantidades de materia orgánica son extremadamente pobres, como en el T(-), existe deficiencia nitrógeno, fósforo y azufre, además, hay poca retención de agua y se reduce la capacidad de intercambio catiónico (Bohn 1993). En estos casos los suelos pueden considerarse pobres en cuanto a fertilidad (Ruano, 2003).

El contenido de materia orgánica del suelo amortigua el pH, manteniéndolo entre ligeramente ácido, neutro y alcalino (Bohn, 1993); las mezclas de este estudio fueron ácidas, excepto el T(-) que fue casi neutro (pH 6.74) debido a su pobreza en materia orgánica .

La materia orgánica también se relaciona con la fertilidad física, pues interviene en la formación y estabilidad de agregados por la acción de las sustancias húmicas, polisacáridos, células microbianas y micelios de hongos; de esta manera, se aumenta la capacidad de retención de humedad, la aireación y la entrada y circulación del agua (Bear, 1969).

Por otro se sabe que del 20 al 70% de la CIC de muchos suelos se debe a la presencia de la materia orgánica. Las mezclas M1, M2, M3 y M4 presentaron niveles de materia orgánica de rico a extremadamente rico, con valores altos de CICT; sin embargo, los testigos T(+) y T(-) presentaron niveles de materia orgánica de rico a extremadamente pobre respectivamente y niveles medios de CICT para ambos.

Los microorganismos del suelo exigen cantidades de fósforo, lo mismo que de nitrógeno, por lo que la deficiente disponibilidad debe ser compensada con

adiciones mediante un fertilizante fácilmente asimilable. Los microorganismos de suelo también compiten con las plantas cultivadas disputándoles otros elementos nutritivos.

También se sabe que los sustratos con valores altos de materia orgánica y CIC reducen la pérdida de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+} por lixiviación (Bohn 1993) al mantenerlos disponibles para la vegetación, por lo que se consideran fértiles (Sharon, 1999). El testigo T(-) presentó materia orgánica extremadamente pobre con CICT media, por lo que la atracción de los cationes y las partículas del suelo son mínimas, de manera que existe la tendencia a que los minerales sufran lixiviación.

Humedad

Un suelo en su estado natural tiene un espacio poroso ocupado por aire y agua equivalente al 30%-50% de su volumen total. Es, pues, de gran interés práctico conocer la capacidad del suelo para retener agua contra la atracción de la gravedad (capacidad de campo) (Bear, 1969). Al respecto se observó que los sustratos M1, M2, M3, M4 y T(+) retienen gran cantidad de agua en porcentajes arriba del 100%. El testigo T(-) tuvo el menor porcentaje de retención de humedad, debido a que no contiene materia orgánica. Los sustratos M3 y M1 presentaron los valores más altos de capacidad de campo (Fig. 18).

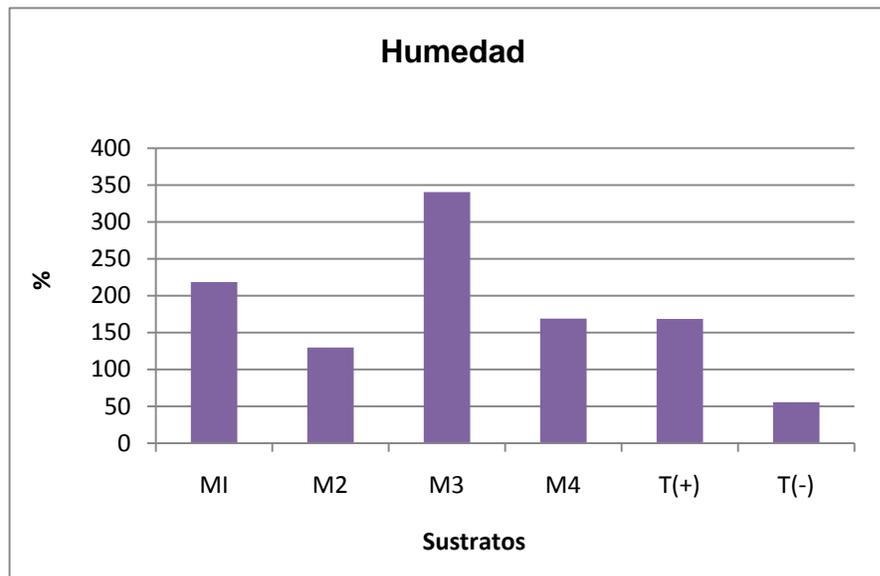


Figura 18 Los gráficos muestran los resultados obtenidos en el estudio de humedad.

Al comparar los resultados obtenidos en el presente estudio con un estudio realizado por Valenzuela (2005), quien analiza las características fisicoquímicas de diferentes sustratos utilizados por los viveros forestales en comparación con algunos valores de referencia (valores óptimos para sustratos de buena calidad); vemos que en ambos trabajos, se encuentran sustratos con valores fuera de los óptimos.

La siguiente tabla muestra la comparación de algunos de los parámetros físicos y químicos analizados en ambos trabajos, con los valores de referencia¹, los obtenidos en el presente estudio y los referidos por Valenzuela. Al igual que en el estudio realizado por Valenzuela donde encuentra varios casos fuera del rango de referencia, en este trabajo se encontraron valores de densidad aparente, densidad real y poros por debajo de los valores de referencia¹.

Algunos parámetros físicos y químicos analizados en ambos trabajos.	Valores de referencia ¹	Rango de valores obtenidos en los diferentes sustratos (Este estudio)	Casos observados fuera del rango de referencia (%) (Valenzuela 2005)	
			Por debajo	Por arriba
Densidad aparente (g/cm ³)	1,60	0,21 – 1,09	---	32,3
Densidad real (g/cm ³)	2,62	1,0 – 2,1	---	---
Poros (% v/v)	85	48 – 79	44,1	---
Humedad	--	55,67 – 340,54		
pH	5,2 – 6,3	4,16 - 7,55	61,8	17,7
Materia Orgánica	--	0,59 – 34,36		
Capacidad de Intercambio Catiónico Total	--	25,79 – 56,26	---	---
Nitrógeno Total	--	5 - >100	---	---
Fósforo Total	--	10 - 150	---	---

Cuadro 8. Comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio, con los obtenidos por Valenzuela (2005). Nótese que algunos valores obtenidos en este estudio están por debajo de los valores de referencia.

¹ Valores de referencia, extraídos de la bibliografía internacional que indican valores óptimos para sustratos de buena calidad. Valenzuela, 2005.

Reyes (2005) utiliza sustratos constituidos por tierra de monte, corteza de pino, peat moss y agrolita, mezclados con aserrín como base principal para la producción de plantas de *Pinus pseudostrobus*; en ese estudio se encontró que las plantas que se desarrollaron en el sustrato compuesto por 80% de aserrín+20% peat moss presentaron los valores más altos de diámetro y altura, peso seco de raíz, peso seco de la parte aérea/raíz e índice de calidad de Dickson. Comparando estos resultados con el presente estudio encontramos diferencias en la composición y proporción de los sustratos que favorecieron el crecimiento de cobertura y altura y diámetro de tallo, siendo el sustrato M2 compuesto por 40% composta+30% agrolita+30% tierra negra, el cual favoreció el crecimiento de *Quercus crassipes*.

Por otro lado, un estudio realizado por Olivo (2006) sobre la influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* demuestra que las plantas desarrolladas en turba con vermiculita alcanzaron el mayor tamaño en todas las variables estudiadas (diámetro del cuello, altura del tallo y peso húmedo y seco de toda la planta); en general, presentaron el mejor comportamiento en cuanto a calidad. Lo anterior coincide con parte de los resultados obtenidos en el presente estudio, donde se vio que la mezcla M3 con 30% de vermiculita, presentó los resultados más uniformes en el crecimiento de las plantas, coincidiendo con lo referido por Olivo (2006). Al respecto, señala que el mejor comportamiento de los sustratos forestales puede deberse a que dicho componente inorgánico brinda las mejores condiciones fisicoquímicas para el crecimiento vegetal. Landis *et al.* (1990), señala que la vermiculita es estructuralmente inestable y por ello debe emplearse en mezclas con un componente que provea resistencia a la compactación, sin embargo en este estudio el sustrato M3 compuesto por 40% tierra negra + 30% vermiculita + 30% fibra de coco resultó ser el sustrato en el que se pudo estudiar visualmente mejor el desarrollo de la raíz.

En un estudio realizado por Sabonaro *et al.* (2009), se emplearon distintos sustratos para la producción de *Tabebuia heptaphylla*; el sustrato en que se

desarrollaron plantas de buena calidad fue el que en su composición tiene altos porcentajes de materia orgánica y porosidad (Plantmax: sustrato comercial utilizado en Brasil²), el cual posee buena capacidad de retención de agua y aireación. En el presente estudio los sustratos con altos porcentajes de materia orgánica, que a su vez también permitieron buena capacidad de retención de agua, aireación y altos porcentajes de porosidad y humedad, no favorecieron el crecimiento ni la buena calidad.

En otro trabajo realizado por Aparicio Rentarías *et al.* (2002), se utilizan distintos sustratos, con diferentes proporciones de lombricomposta, tierra de mina y tierra de monte, para la germinación y crecimiento de *Pinus oaxacana* y *Pinus rudis*. Se encontró que el tratamiento compuesto por 30% arena de mina, 30% suelo de bosque y 40% lombricomposta, favorece el crecimiento en altura de *Pinus oaxacana*, superando al sustrato compuesto sólo por suelo de monte. Al comparar estos resultados con los obtenidos en el presente estudio, encontramos que el sustrato M2 compuesto por 40% composta+30% agrolita+30% tierra negra (muy parecido al primer tratamiento), favoreció el crecimiento en altura, diámetro del tallo y cobertura de *Q. crassipes*. En ambos estudios se utilizaron las mismas proporciones en un tratamiento, con la variación de la tierra de mina por la vermiculita, de igual manera, utilizan un tratamiento con 100% de tierra negra (como el T(+) que se utiliza en este estudio), coincidiendo que este último sustrato por sí sólo no es el más adecuado para el uso en la producción de las especies en estudio.

² Sustrato comercial ampliamente utilizado en la producción de plantas de especies forestales nativas de Brasil.

Rizotrones

De la falta de información acerca del crecimiento de las raíces y de las características de las especies de árboles nativos de México surgió la necesidad de un estudio sobre el desarrollo de la raíz (Chacalo *et al.*, 2000).

Los rizotrones fueron elegidos en este estudio con respecto a otros modelos, ya que simulan las condiciones del suelo y permiten observar los cambios en el crecimiento de las raíces.

Las plantas que murieron durante el estudio no se sustituyeron, con las que sobrevivieron se realizaron las descripciones de las raíces de plantas creciendo en los diferentes sustratos (Cuadro 8).

A continuación se presenta una descripción del desarrollo de la raíz en cada uno de los tratamientos (sustratos)

M1

1. Raíz fibrosa con tres ramificaciones, la primera mide 43 cm de largo y presenta varias ramificaciones, la segunda es más gruesa y miden 31.5 cm, también presenta ramificaciones largas, la tercera mide 34 cm de largo y presenta ramificaciones de diferentes largos y grosores.

2. Raíz fibrosa con tres ramificaciones que miden: 24.5, 28 y 1

7cm, de largo, las cuales presentan pocas ramificaciones y cortas.

3. Raíz axonomorfa, mide 55 cm de largo, con raíces secundarias, las cuales sostienen una gran cantidad de agregados de mezcla.

4. Raíz axonomorfa, mide 51 cm de largo, con raíces secundarias, las cuales sostienen agregados de la mezcla.

5. Raíz axonomorfa, mide 52 cm de largo, con raíces secundarias, las cuales sostienen agregados de la mezcla.



Figura 19. Se observan las plantas contenida en el rizotróon M1.y extraídas para su descripción

M2:

1. Raíz fibrosa con dos ramificaciones que se forman a los 11 cm, una mide 45 cm y la otra 40 cm, ambas presentan ramificaciones terciarias de hasta 16 cm de largo.

2. Raíz axonomorfa, mide 34 cm de largo y presenta 4 ramificaciones secundarias, la primera se forma a los 4 cm y mide 16 cm de largo, la segunda se forma a los 6 cm y mide 26 cm de largo, la tercera está a los 18 cm de largo y presenta ramificaciones que miden 32 a 34 cm, la cuarta se forma a los 23 cm y mide 22 cm de largo.

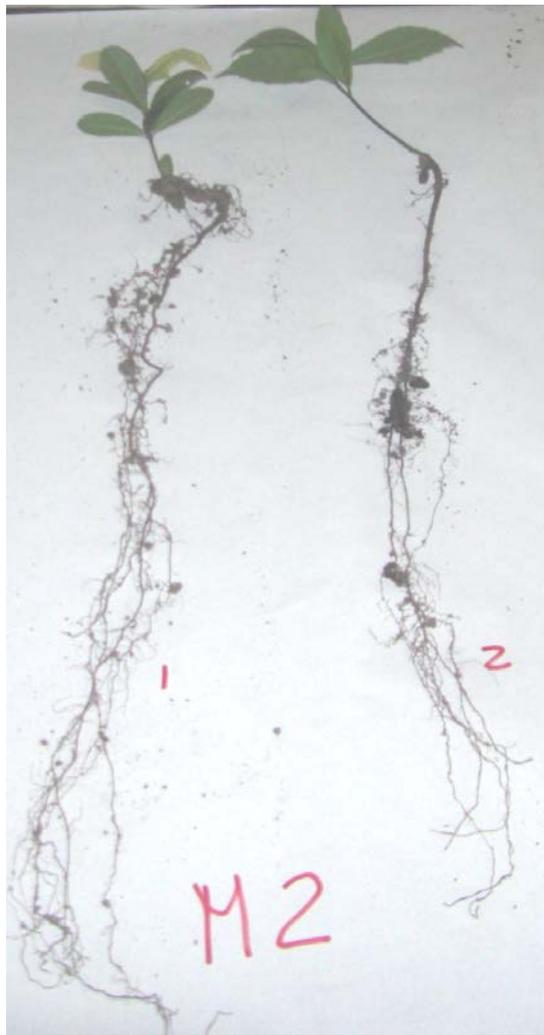


Figura 20. Se observan las plantas contenida en el rizotrófon. M2 y extraídas para su descripción.

M3.

1. Raíz de tipo axonomorfa que mide 38 cm de largo, con ramificaciones de 14, 41 y 42 cm de largo, las cuales presentan abundantes ramificaciones.

2. Raíz axonomorfa que mide 49 cm de largo con varias raíces secundarias

3. Raíz axonomorfa de 48.5 de largo, con escasas ramificaciones secundarias, las cuales sostienen agregados de la mezcla.

4. Raíz fibrosa con 4 ramificaciones que miden de 20 a 28 cm de largo

5. Raíz fibrosa, con 4 ramificaciones, las cuales miden 22, 30, 31 y 43cm de largo, todas presentan pequeñas ramificaciones, las cuales sostienen agregados de la mezcla.



Figura 21. Se observan las plantas contenida en el rizotró. M3 y extraídas para su descripción.

M4:

1. Raíz fibrosa con 3 ramificaciones principales, las cuales miden de 44 a 57.5 cm de largo. las cuales sostienen agregados de la mezcla.
2. Raíz fibrosa con 3 ramificaciones, miden 26, 12 y 28 cm de largo, las cuales sostienen agregados de la mezcla.
3. Raíz axonomorfa, mide 56 cm de largo; presenta ramificaciones secundarias, una se forma a los 26 cm y mide 25 cm de largo, otra está a los 34 cm y mide 20.5 cm de largo y la última se ubica a los 44 cm y tiene 18 cm de largo
4. Raíz: axonomorfa, mide 27.5 cm de largo, con pocas raíces secundarias.
5. Raíz axonomorfa, mide 43 cm de largo con varias raíces secundarias en la parte superior.



Figura 22. Se observan las plantas contenida en el rizotrón. M4 y extraídas para su descripción.

T(+)

- 1- Raíz axonoforma de 2.7cm de largo
- 2- Raíz axonomorfa de 7cm de largo, con raíces secundarias
- 3- Raíz axonomorfade 2 cm de largo



Figura 23. Se observan las plantas contenida en el rizotróf. T(+) y extraídas para su descripción

T(-)

1. Raíz axonomorfa de 35.5cm de largo, con raíces secundarias.
2. Raíz fibrosa con cinco ramificaciones, la primera mide 8.7 cm de largo, y presenta varias ramificaciones, la segunda mide 8.5 cm de largo, la tercera y cuarta miden 7cm de largo y también presentan ramificaciones, la quinta mide 15.5 cm de largo y también presenta ramificaciones.
3. Raíz axonomorfa de 36cm de largo, con raíces secundarias.



Figura 24. Se observan las plantas contenida en el rizotróf. T(-) y extraídas para su descripción.

Sustrato		Raíz Axonomorfa	Raíz fibrosa	Longitud * cm	Longitud** cm
M1	1		X	34.5	43
	2		X	34	48
	3	X		45	55
	4	X		18	51
	5	X		35	52
M2	1		X	27	45
	2	X		37	40
	3			--	
	4				
	5				
M3	1	X		26	38
	2	X		22	49
	3	X		20	48.5
	4		X	30	28
	5		X	17	43
M4	1		X	18	44
	2		X	15	26
	3	X		33	56
	4	X		25	27.5
	5	X		44	43
T(+)	1	X		2.7	--
	2			--	--
	3	X		7	--
	4			--	--
	5	X		2	--
T(-)	1	X		35	--
	2			--	--
	3		X	15	--
	4			--	--
	5	X		36	--

Cuadro 9. Tipo de raíz que formó cada planta y su longitud a las 11(*) y 15 semanas (**)

El estudio de las raíces en los rizotrones mostró que ninguna de las plantas murió en los sustratos M1, M3 y M4; sin embargo, en M2 murieron tres plantas. En los testigos se vio que el T(+) desarrolló tres plantas con escaso crecimiento y en el T(-) sobrevivieron tres plantas con crecimiento mayor que en el anterior. Los sustratos M4 y M1 mostraron las raíces de mayor longitud (56 cm y 55 cm respectivamente) (Cuadro 9, Fig. 26 y 27).

Seguramente, uno de los factores que influyó en el buen desarrollo y abundancia de ramificaciones de las raíces fue la baja densidad y la alta porosidad, ya que estas condiciones permiten que los sustratos no se compacten y tengan buen almacenamiento de agua (Donoso, 1992), condiciones óptimas en el desarrollo de las plantas.

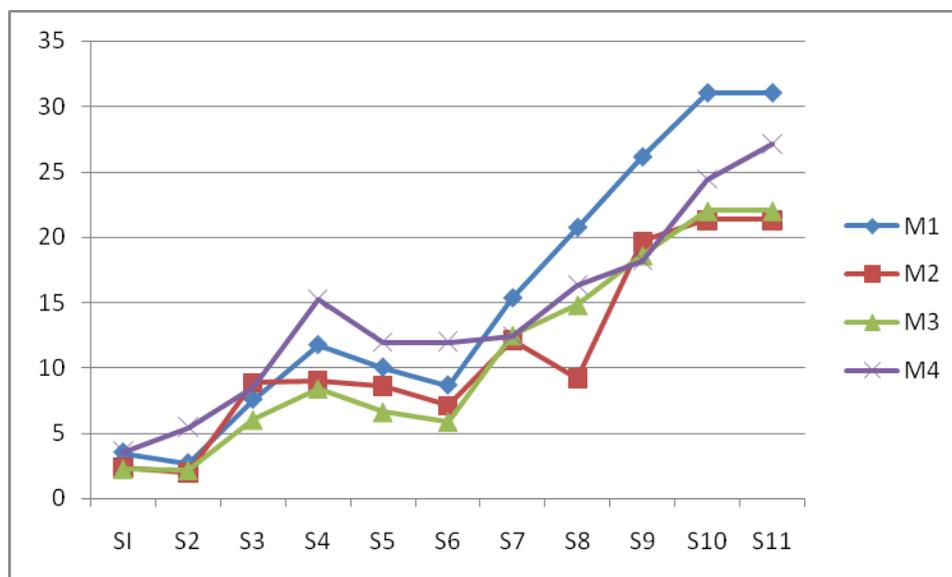


Figura 26. Promedio del crecimiento de la raíz en los diferentes sustratos a través de las 11 semanas de medición

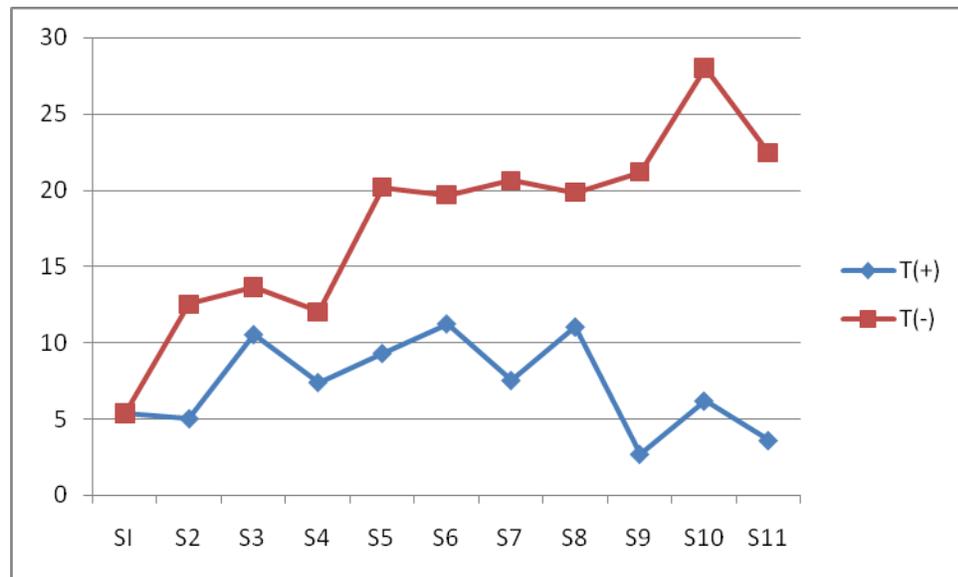


Figura 27. Promedio del crecimiento de la raíz en los testigos a través de las 11 semanas de medición

Rzedowski (1978) describe las características edafológicas de los bosques de encino, menciona que éstos se observan sobre diversas clases de roca madre, tanto ígneas como sedimentarias y metamórficas, así como en suelos profundos de terrenos aluviales planos. No tolera, aparentemente, deficiencias de drenaje, aunque puede crecer a orillas de arroyos en tierra permanentemente húmeda. No es rara su presencia en suelos someros de terrenos muy rocosos e inclinados o de pedregales. Típicamente el suelo es de reacción ácida moderada (pH 5.5 a 6.5), con abundante hojarasca y materia orgánica en el horizonte superficial y a menudo también a mayor profundidad. La textura varía de arcilla a arena al igual que la coloración que frecuentemente es roja, aunque puede ser amarilla, negra, café o gris. Estas características y las de los sustratos estudiados, nos permiten ver que estos últimos presentan similitud en alguna de sus variables; sin embargo no existió alguno que mostrara todas las características mencionadas por dicho autor; aunque se considera que sí reúnen condiciones buenas-óptimas para obtener una buena producción de plantas de encino en vivero. Será necesario realizar nuevos estudios que valoren de manera exhaustiva, todas las variables

incluidas y no incluidas en este trabajo, además deberá analizarse cuidadosamente la combinación y proporción de los materiales del sustrato según los requerimientos de cada especie, tomando en cuenta el costo de los materiales y su disponibilidad en el mercado. Debe también considerarse la utilización de sustratos alternativos, como los subproductos de la industria y desechos vegetales, con la finalidad de conservar los suelos de los bosques. No debe descartarse la posibilidad de reutilizar sustratos empleados en la producción de otras plantas, restituyendo su fertilidad.

CONCLUSIONES

- En el sustrato M2 (40% composta + 30% agrolita + 30% tierra negra) crecieron plantas con tallos altos, diámetro más gruesos y cobertura total más amplia; pero con un menor porcentaje de sobrevivencia, 40% al final del estudio.
- Todos los sustratos con excepción del T(-) presentaron resultados muy similares en el análisis fisicoquímico de sus propiedades
- Por su parte la M1, compuesta por 30% peat moss + 30% tepojal + 40% corteza de pino, presentó mayor uniformidad en sus datos y en sus valores (altura, diámetro del tallo, cobertura), además de que alcanzó el mayor porcentaje de sobrevivencia con un 90%.
- En los rizotrones con el sustrato M4 (40% peat moss + 30% tepojal + 30% tierra negra), a las 15 semanas, crecieron las raíces más largas (56cm), seguido de la M1 con 55 cm de longitud.
- En el rizotrón con el sustrato M2, se desarrolló la raíz fibrosa más larga y ramificada de todas las plantas estudiadas.
- En el testigo T(+) compuesto por 100% tierra negra, el crecimiento de la raíz, tallo y hojas fue deficiente y menor en comparación con los demás sustratos.
- El T(-) compuesto por 100% tepojal, a pesar de ser el único sustrato inorgánico de textura gruesa presentó raíces más cortas en comparación con las mezclas, pero más largas en comparación con el testigo T(+).
- El sustrato en el que se pudo estudiar visualmente mejor el crecimiento de la raíz fue el M3 (40% tierra negra + 30% vermiculita + 30% fibra de coco), debido a las características de sus componentes.

SUGERENCIAS

- Se sugiere que para futuros estudios se analice cuidadosamente la combinación y proporción de los materiales del sustrato según los requerimientos de cada especie.
- Es necesaria la búsqueda de sustratos alternativos, como los subproductos de la industria, que sean económicos y fáciles de adquirir.
- Deberá continuarse el monitoreo del crecimiento de las plantas en los diferentes sustratos para determinar las ventajas y desventajas de cada uno.

LITERATURA CITADA

- Abraham de Noir, F. y Ruiz de Riberi, M. 1995. Laboratorio de semillas forestales. En bosques y Desarrollo. No. 14. Organización internacional de Maderas Tropicales. 24-28 pp.
- Acevedo. E. 1979. Interacciones suelo-agua-raíz en el proceso de absorción de agua por las plantas. Biol. Tec. Facultad de Agronomía Universidad de Chile. 44: 17-25.
- Aparicio, R. A., H. C. Jiménez y J. A. Landa. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* sch. ETcham., *Pinus montezumae lamis* y *Pinus pseudostrobus linal*, en condiciones de vivero. Foresta veracruzana. 1(2). Universidad Veracruzana Xalapa. México. 31-34 pp.
- Audesirk. T., G. Audesirk y B. E. Byers. 2003. Biología la vida en la tierra. Pearson Educación. México. 468-478 pp.
- Bear. E.F. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Ediciones Omega. Barcelona. 99-235 pp.
- Bello, G.M. y J.N. Labat. 1987. Los encinos (*Quercus*) del estado de Michoacán, México. Cuadernos de Estudio Michoacanos I, SARH-CEMCA. México. 98 p.
- Black, M. y B.J.Derek (eds).2000. Seed technology and its biological basis. CRC Press. England. 419 p.
- Bohn, H. L., L. B. Mc Neal y G. A. O'Connor. 1993. Química del suelo. Ediciones Limusa. México. 370 p.
- Bonner, F. T y J. A. Vozzo. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. U.S Department Agriculture. Southern Forest Experiment Station. 21p.
- Camacho, P. 1985. Estudio del uso del bosque para la extracción de leña, madera para construcción de casas y fabricación de herramientas en una

- comunidad otomí. San Andrés Timilpan, Estado de México. Tesis de licenciatura. UNAM. México. 230 p.
- Camacho, M & V. G. Morales, 1992, Métodos para el análisis del efecto de la germinación. INIFAP. Campo experimental Coyoacán. 282-290 pp.
- Chacalo, A., G. Watson., R. Bye., V. Ordaz., A. Aldama, y H. Vázquez. 2000. Root growth of *Quercus crassifolia*, *Quercus crassipes*, and *Fraxinus uhdei* in different soil types. Journal of Arboriculture 26(1). 30-37.
- Cronquist, A. 1988. The evolution and Classification of flowering Plants. The New York Botanical. USA. 555 p.
- De la paz. 1982. Estructura Anatómica de Cinco Especies del Género *Quercus*. Bol. Técn. Inst. Nac. Invest. Forest., México, No. 88.
- Durán. A. D., A. Cisneros y A. Vargas. 2005. Bioestadística. UNAM. FES-Iztacala. México. 222 p.
- Fahn, A. 1985. Anatomía Vegetal. Madrid, Ediciones Pirámide.
- Fernández, M. M.; Aguilar, M.I.; Carrique J.R.; Tortosa J.; García C.; López, M.; Pérez, J.M. 1998. Suelo y medio ambiente en invernaderos. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. Sevilla.
- Fernández, R.A. 1986. Caracterización del vivero volante forestal localizado en la comunidad de Santiago Tula, Oaxaca, con fines industriales. Tesis profesional. UNAM. Cuautitlán Izcalli. México. 159 p.
- Ficha Tecnológica 2002 por sistema producto. Sustratos alternativos para la producción de *Pinus ayacahuite* en vivero. Secretaría de Agricultura, Ganadería Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación e Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- González, L. yA. Orozco. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo. *Manfreda Brachystachya*. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 58:15-30.

- Granados, D.; G. L. López y J. L. Gama, 1999. Fragmentación del hábitat y fragmentación de áreas naturales protegidas. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 5(1): 5-14.
- Grosso. M. A. 2007. Crecimiento secundario inusual en raíz principal de *Pfaffia gnaphalioides* (L.Fil.)Mart. (Amaranthaceae). Acta Bot. Bras. 21 (1): 21-26.
- Guevara, M. y R. Hernández 2005. Germinación, crecimiento post-emergente y establecimiento en vivero y en campo de *Quercus crassifolia* (Humb & Bonpl) bajo el efecto de dos tratamientos pre-germinativos y tres tamaños de semillas. Tesis Lic. Biol. FES-Zaragoza, UNAM. México. 70 p.
- Hartmann, T. y D. Kester. 1980. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Cia. Editorial Continental. México. 844 p.
- Hernández, G; L. R. Sánchez, T. Carmona, M. R. Pineda y R. Cuevas. 2000. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la Sierra de Manantlán. Madera y Bosques. 6(28):13-28.
- Kutschera, L. & Lichtenegger E. 1992. Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Stuttgart Gustav Fischer Verlag.
- Llurba, M. 1997. Parámetros a tener en cuenta en los sustratos. Revista Horticultura N° 125.
- Landis T. R. W. Tinus, S.E. Mc Donald, J.P. Barnett. 1990. The container tree nurse manual hand book 674. Whashington. D.C. USDA. Forest Service 85 p.
- Luna, A. de L; L. M. Espinosa y B. R. Aguilar. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. Boletín de la sociedad Botánica de México. 72:107-117.
- McVaugh, R. 1974. Flora novo-galiciana (*Quercus*). Contributions from the University of Michigan Herbarium, Ann Arbor, Michigan. 12, part. 1 (3): 1-93.

- Morales, B. Z., P. S. García., V. H. Volk Haller., D. E. Victoria y A. G. Spínola. 2005. Formulación de Mezclas de sustratos mediante programación lineal. *Interciencia* 30 (6). 365-369 pp.
- Muñoz, I. D; Mendoza, C. A; López, G. F; Soler, A, A; Hernández, M. M. 2000 Edafología. Manual de Métodos de Análisis de Suelos. UNAM-Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Tlalnepantla, Edo. De México.
- Niembro, R.A y Fierros, G.A.M. 1990. Factores ambientales que controlan la germinación de las semillas de pinos. En Memoria. Mejoramiento Genético y Plantaciones Forestales. Centro de Genética Forestal, A. C. Chapingo, México. 124-144 pp.
- Niembro, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Limusa. México. 285 p.
- Nixon, K. 1993a. The genus *Quercus* in Mexico.Pp. 447-458 en T. P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot & J. Fa (editors). *Biological Diversity of Mexico: Origins and Distribution*. Oxford Univ. Press, Oxford.
- Nixon, K.1993b. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Ann. Sci. For.* 50: 25-34.
- Olvera, Ma. G. 2004. Factores que participan en la viabilidad de semillas de *Quercus ruosa* y *Quercus crassipes*. Tesis Lic. Biol. FES-Iztacala. UNAM. 48 p.
- Olivo, B. y G. Buduba.2006. Influencia de seis sustratos en le crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosque.* 27(3): 267-271.
- Pérez, C. de la P; R. Dávalos y E. Guerrero. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Madera y Bosque* 6(1): 3-13.
- Plan Municipal de Desarrollo Urbano de Nicolás Romero Estado de México, julio 2003, 230 p.
- Reyes, I. y J. G. Castro. 1995. Revaloración de la importancia de los encinos. Memorias del III Seminario sobre utilización de encinos. Facultad de

- Ciencias de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Reporte científico especial No. 15, Tomo I. 44-55 pp.
- Reyes, J. R., A. Aldrete., V. M. C. Alcalá y J. L. Upton. 2005 Producción de plántulas de *Pinus pseudostrobus* var. *Apulcencis* en sustratos a base de aserrín. 2005. Revista Chapingo. Serie ciencias forestales y del ambiente, Universidad Autónoma Chapingo. México 11 (2): 105-110.
- Rentaría, A. A., H. C. Jiménez, y J. A. Landa. 1999. Efecto de Seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* et Cham., *Pinus montezumae* Lamb. Y *Pinus pseudostrobus* Lindl. En condiciones de vivero. Foresta Veracruzana 1 (2): 31-36
- Romero, S; C. Rojas y M. L. Aguilar. 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México, *Annals. Missouri Botanical Garden*. 89: 551-593.
- Ruano, M. J. 2003. Viveros Forestales Manual de cultivo y proyectos. Ediciones Mundi Prensa. 281 p.
- Rubio, L. 2006. *Estudio Ecológico de Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl y *Quercus candicans* Neé (Fagaceae) en bosques de encino del Estado de México. Tesis Lic. Biol. FES-Iztacala, UNAM. 155 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 478 p.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana*. 14:3-21.
- Sabonaro. Z. A.; J. A. Galbiatti.; R. Cesar de Paula y J. L. Soto. 2009. Producción de plantas de *Tabebuia heptaphylla* en diferentes sustratos y niveles de irrigación, en condiciones de invernadero. *Brasil* 30 (1) 27 – 35.
- Sandoval, A. y A. Stuardo (2000). Compost: una buena alternativa de sustrato. Centro de Semillas de Arboles Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile. <http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n13/indice.html>.

- Schubert, R. 1991. Root research in natural ecosystem .In: Mc. Michael & H. Persson (eds). Plant roots and their environment. Amsterdam, Elsevier Science Publishers. 344-349 pp.
- Sharon. J. L., D. Froehlich., D. Blair., J. Clark., D. Ham., K. Coder. 1999. Manual de Arboricultura, guía de estudio para la certificación de arborista. UAM-Azcapotzalco. México. Capítulos 3 y 5.
- Valencia, S .2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 75:33-53.
- Valencia, S. 1989. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Guerrero. Tesis Lic. Biol. Fac. Cienc; UNAM. México p.p
- Valenzuela, O., C. Gallardo., M. Alorda., M. A.Garcia y D. Díaz. Noreste de Entre Ríos, (2005) Características de los sustratos utilizados por los viveros forestales. 55-57 pp.
- Zavala, F. 1990. Los encinos mexicanos: Un recurso desaprovechado. Ciencia y Desarrollo. 16(95): 43-52.
- Zavala, F. 1995. Consideraciones ecológicas de los encinos en la vegetación del Parque nacional "El chico", Hgo. Memorias de III Seminario sobre utilización de encinos. Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Reporte científico especial No. 15, Tomo I. 98-111.
- Zavala, F. 1998. Observaciones sobre la Distribución de encinos en México. Departamento de Ecología y Silvicultura. Universidad Autónoma Chapingo. Polibotánica 8:47-64.

APENDICE

Las siguientes tablas muestran los promedios que se obtuvieron como resultado de las 14 semanas de medición en cada uno de las variables estudiadas.

M1	Máximo	Media	Mínimo
Altura	13.92	6.72	1.87
Diámetro/ tallo	0.22	0.15	0.10
Cobertura total	9.72	4.77	0
No. hojas	9.85	4.6	0.14
% sobrevivencia.	97.38	97.38	97.38

M2	Máximo	Media	Mínimo
Altura	14.09	6.25	1.97
Diámetro/ tallo	0.21	0.15	0.10
Cobertura total	8.08	3.73	0.41
No. hojas	8.85	3.31	0.42
% sobrevivencia.	57.83	57.85	57.85

M3	Máximo	Media	Mínimo
Altura	13.17	6.55	2.37
Diámetro/ tallo	0.21	0.14	0.10
Cobertura total	8.71	3.23	0
No. hojas	7.92	2.71	0
% sobrevivencia.	79.04	79.04	79.04

M4	Máximo	Media	Mínimo
Altura	13.58	7.32	1.86
Diámetro/ tallo	0.22	0.14	0.10
Cobertura total	8.57	4.14	0.19
No. hojas	12	4.99	0.21
% sobrevivencia.	90	90	90

T(+)	Máximo	Media	Mínimo
Altura	13.56	7.12	1.71
Diámetro/ tallo	0.20	0.14	0.10
Cobertura total	9.67	4.45	0.07
No. hojas	12.35	4.92	0.07
% sobrevivencia.	93.09	93.09	93.09

T(-)	Máximo	Media	Mínimo
Altura	11.79	6.31	1.92
Diámetro/ tallo	0.20	0.14	0.10
Cobertura total	9.26	4.31	0.34
No. hojas	9.92	4.44	0.42
% sobrevivencia.	79.28	79.28	79.28