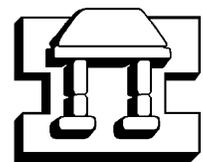




**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**



IZTACALA

Caracterización de la respuesta morfofisiológica en
Quercus a condiciones de agobio hídrico

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I Ó L O G O
P R E S E N T A
Jorge Hernández Garza

Director de Tesis: M. en C. Alberto Arriaga Frías

Asesor: Biólogo José Francisco Rezendiz Martínez

2004



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 mi director de tesis M. en C. Alberto Arriaga Frías por dirigir este proyecto y su apoyo en el mismo, sus sabias enseñanzas, porque siempre es una persona dispuesta a ayudar pero ante todo gracias por su amistad y paciencia.

A el biólogo Francisco Rezendiz por su asesoría en parte de esta tesis así como por su revisión y corrección de la misma, gracias por su buen humor que contagia y por ser mi amigo.

A el M. En C. Gumerindo de la Cruz Guzmán, por aguantar mis constantes interrupciones mientras trabajaba, por su amistad, por su asesoría, revisión y corrección de la presente

A el M. En C. Manuel Mandujano Piña, por su ayuda con el estadístico, por su revisión y corrección y por su amistad.

A el M. En C. Gerardo Ortiz por haber aceptado ser revisor de esta tesis así como por comentarios que contribuyeron no solo a esta tesis sino a mi formación como biólogo.

Al programa de becas para la elaboración de tesis (PROBETEL) por la otorgación de la beca gracias a la cuál se facilito la culminación de este proyecto.

Al INIFAP Por las facilidades otorgadas para la realización de una parte de esta tesis.

Al Programa de becas de servicio social de SEDESOL.

DEDICATORIA

A la mujer que me dio la vida quien espero se sienta orgullosa de mí donde quiera que se encuentre.

A quien me acompaña cada momento de mi vida, con quien disfruto los mejores momentos y comparto mis penas, Yesenia mi esposa.

A las personitas motivo de superarme día con día mis hijos



Cristian y Andani.

A quien se marchó hacia el fondo de nuestros corazones, Angelito.

A quién siempre me apoyo, quien siempre fue como mi madre y siempre confió que lo lograría, este es un sencillo homenaje a su sacrificio, mi hermana Rocío.

A mi amigo y compañero de la infancia, quién me apoyo para que esto se lograra, mi hermano Juan.

A quién siempre me ayudo a ver la vida de una manera mas positiva, mi hermana Matilde.

A quien nunca ha dudado de mi capacidad y siempre me ha dado aliento para alcanzar mis más grandes metas, mi hermana Magdalena.

A mis sobrinos Víctor, Fernando, Oscar, Diana, Jessica, Bibiana, Karen, Joana, Ashli, Erica y Juanito para quienes espero ser un buen ejemplo.

A las personas que siempre me han brindado su amistad cariño y confianza la abuelita, mi tía Lupita y Memito.

A mis primos que siempre me apoyaron de una u otra forma Lencho, Adrián, Pascual, Felipe, Juan Carlos.

A la persona que contribuyo con su parte para que yo estuviera aquí, Mi padre.

A la memoria de un maestro ejemplar que alentaba a los alumnos, quien se marchó sin saber que el también fue parte de esto, el maestro Miguel Ángel.

A mis compañeros de la primaria y de la secundaria con quienes comencé este largo camino Luis Enrique y José Ciriaco.

A ese valedor rockanrolero de la secundaria a Alberto el dormido.

A mis compañeros del superama Oradores Héctor, el tortuga y la china por los momentos que hemos pasado juntos.

Muy especialmente a Víctor por su valiosa amistad y su comprensión en los momentos que lo necesite, así como a Gabriel amigos de verdad del Bachilleres 5.

A Cristián el pájaro domizzi por cuestionar poco y comprender mucho, pero sobre todo por su amistad inobjetable.

A mis compañeros de laboratorio Chio, Nacho, Ramón, Angeles, Erika, Jacqueline, Maribel, pilar y Daleth, por los pocos o muchos momentos que hayamos disfrutado juntos.

A mis compañeros y amigos del equipo ñoño pocas pompas, Romeo, ñoña Fabiola porque junto con Yes fuimos los más chipocludos.

A todos los compas de la segunda etapa Tyni, la morena, Nickte ha, Mayeli, Alfredo, Rulo, Mau, Benji, Richi, Claudia, Chanel, Ruth, Liliana, Asusena, Arturo, Chunga, Andres porque con ellos junto con el equipo ñoño he pasado los momentos mas chidos de mi vida.

A todos aquellos con quienes he convivido durante la carrera Lalito, Chago, Memo, Trino, Jenni, Manuel, Rafael, Dodo, Otra Jenny, lulu, Tania, Lupe, Mónica, Angelito, A los temerarios, Alan Balfred, Lalo y Tigger, Alina, Ivon, Martha, Guille, Maria Elena, Angeles, Omar, Lupita, chachalaca, El súper matado, Karina, tin tin, José Luis, Elier, el tocayo, Marisol y Lizbeth con quienes fueron pocos los momentos juntos, pero muy agradables.

EN LA DIVERSIDAD ESTA LA PERFECCIÓN

Dios estaba en el cielo mirando cómo actuaban los hombres en la tierra. Entre ellos la desolación reinaba, un buen día reunió un ejército de ángeles y les dijo:

¿Veis a los seres humanos?
¡Necesitan ayuda!
Tendréis que bajar vosotros a la tierra.

¿Nosotros? Dijeron los ángeles ilusionados, asustados y emocionados, pero llenos de fe.

Sí, vosotros sois los indicados.
Nadie más podrá cumplir esta tarea.
¡Escuchad!:

¿De qué se trata?
Preguntaron los ángeles inquietos.

Entonces el Señor explicó su deber.
Como los hombres se han olvidado de que los hice distintos para que se complementasen unos a otros y así formaran el cuerpo de mi hijo amado; como parece que no se dan cuenta de que los quiero diferentes para lograr la perfección, bajarán ustedes con francas distinciones.

Y dió a cada uno su tarea:

- Tu tendrás memoria y concentración de excelencia: serás ciego.
- Tu serás elocuente con tu cuerpo y muy creativo para expresarte: serás sordomudo.
- Tu tendrás pensamientos profundos, escribirás libros, serás poeta: tendrás parálisis cerebral.
- A ti te daré el don del amor y serás su persona, habrá muchos otros como tú en toda la tierra y no habrá distinción de raza porque tendrás la cara, los ojos, las manos y el cuerpo como si fueran hermanos de sangre: tendrás Síndrome de Down.
- Tu serás muy bajo de estatura y tu simpatía y sentidos del humor llegaran al cielo: serás gente pequeña.
- Tu disfrutarás la creación tal como lo planeé para los hombres: tendrás discapacidad intelectual.
- Y mientras otros se preocupan por los avances científicos y tecnológicos, tu disfrutaras mirando a una hormiga, una flor. Serás muy feliz porque amarás a todos y no harás juicios de ninguno. Tu vivirás en la tierra, pero tu mente se mantendrá en el cielo: preferirás escuchar mi voz a la de los hombres: tendrás autismo.
- Tu serás como ninguno, te faltarán los brazos y harás todo con las piernas y boca.

Al último ángel le dijo:

- Serás genio; te quitaré las alas antes de llegar a la tierra y bajarás con la espalda ahuecada.
- Los hombres repararán tu cuerpo, pero tendrás que ingeniártelas para triunfar.
Tendrás mielomeningocelosis que significa: miel que vino del cielo.

Los ángeles se sintieron felices con la distinción del Señor, pero les causaba enorme pena tener que apartarse del cielo para cumplir su misión.

¿Cuánto tiempo viviremos sin verte?
¿Cuánto tiempo lejos de tí ?

- No os preocupéis, estaré con vosotros todos los días. Además, esto durará sólo entre 60 y 80 años terrenos.
- Está bien, Padre. Será como dices.

80 años son un instante en el reloj eterno.

Aquí nos vemos un ratito, dijeron los ángeles al urí sono y bajaron a la tierra emocionados.

Cada uno llegó al vientre de una madre, ahí se formaron durante 6, 7, 8, ó 9 meses, al nacer fueron recibidos con profundo dolor, causaron miedo y angustia.

Algunos padres rehusaron la tarea; otros la asumieron enojados; otros se echaron culpas hasta disolver su matrimonio y otros mas lloraron con amor y aceptaron el deber. Sea cual fuere el caso, como los ángeles saben de su misión y sus virtudes son la fe, la esperanza y la caridad, además de otras, todas gobernadas por el amor, ellos han sabido perdonar, y con paciencia pasan la vida iluminando a todo aquel que los ha querido amar.

Siguen bajando ángeles a la tierra con espí ritus superiores en cuerpos limitados y seguirán llegando mientras haya humanidad en el planeta.

Dios quiere que estén entre nosotros para darnos la oportunidad de trabajar con ellos, para aprender de ellos.

Y, trabajar es servir;

SERVIR ES VIVIR y vivir es AMAR, porque la vida se nos dió para eso. El que no vive para servir, no sirve para vivir.

INDICE

| | |
|--|----|
| I. RESUMEN | 8 |
| II INTRODUCCION | 9 |
| III ANTECEDENTES | 11 |
| 3.1 <i>Quercus</i> en México | 11 |
| 3.2 Descripción de las especies de estudio..... | 11 |
| 3.2.1 Descripción de <i>Quercus rugosa</i> Nee..... | 11 |
| 3.2.2 Descripción de <i>Quercus dysophylla</i> Benth. | 12 |
| 3.3 Estrés hídrico | 12 |
| 3.4 Fertilización..... | 13 |
| 3.5 Sustrato | 13 |
| 3.6 Estrés por patógenos | 14 |
| IV. OBJETIVOS | 15 |
| V. METODOLOGIA | 16 |
| 5.1 Respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de <i>Quercus rugosa</i> bajo estrés hídrico, fertilizadas y sin fertilizar..... | 16 |
| 5.2 Respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de <i>Quercus dysophylla</i> bajo estrés hídrico, con diferentes sustratos y aireación del sustrato..... | 19 |
| 5.3 Relación entre la presencia de necrosis foliar en plántulas de <i>Quercus rugosa</i> y diferentes niveles de intensidad luminosa, humedad edáfica, y tipo de sustrato. | 23 |
| 5.4 Detección y determinación de posibles agentes causantes de la necrosis foliar en plántulas de <i>Quercus rugosa</i> desarrolladas en invernadero..... | 25 |
| 5.5 Análisis estadístico..... | 26 |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSION | 27 |
| 6.1 Respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de <i>Quercus rugosa</i> sometidas a estrés hídrico, fertilizadas y sin fertilizar..... | 27 |
| 6.1.1 Conductancia | 27 |
| 6.1.2 Contenido relativo de agua..... | 29 |
| 6.1.3 Biomasa..... | 30 |
| 6.1.4 Peso seco de raíz | 30 |
| 6.1.5 Razón vástago/raíz | 31 |
| 6.1.6 Razón de área foliar | 32 |
| 6.1.7 Área foliar..... | 33 |
| 6.1.8 Raíces finas | 34 |
| 6.1.9 Consumo de bellota | 35 |
| 6.1.10 Ideotipo | 36 |
| 6.2 Respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de <i>Quercus dysophylla</i> sometidas a estrés hídrico, con diferentes sustratos y aireación del sustrato..... | 37 |
| 6.2.1 Conductancia | 37 |
| 6.2.2 Potencial hídrico..... | 38 |
| 6.2.3 Contenido relativo de agua..... | 39 |
| 6.2.4 Biomasa..... | 40 |
| 6.2.5 Peso seco de raíz | 41 |
| 6.2.6 Razón vástago/raíz | 42 |
| 6.2.7 Razón de área foliar | 43 |
| 6.2.8 Área foliar..... | 44 |
| 6.2.9 Clorofila..... | 45 |
| 6.2.10 Área de raíces finas | 46 |
| 6.2.11 Consumo de bellota | 47 |
| 6.2.12 Ideotipo | 48 |
| 6.3 Relación entre la presencia de necrosis foliar en plántulas de <i>Q. rugosa</i> y diferentes niveles de intensidad luminosa, humedad edáfica, y saturación del sustrato. | 49 |
| 6.3.1 Descripción del desarrollo de la necrosis foliar..... | 49 |
| 6.3.2 Porcentaje de presencia de necrosis foliar | 49 |
| 6.3.3 Altura..... | 50 |

| | |
|--|----|
| 6.4 Detección y determinación de posibles agentes causantes de la necrosis foliar en plántulas de <i>Quercus rugosa</i> crecidas en invernadero..... | 51 |
| 6.4.1 Detección de microorganismos de suelo | 51 |
| 6.4.2 Detección de microorganismos de raíz, tallo y hojas | 51 |
| VII CONCLUSIONES | 54 |
| VIII SUGERENCIAS | 54 |
| IX APÉNDICE | 55 |
| 9.1 Abreviaturas..... | 55 |
| 9.2 Calculo de capacidad de campo y punto de marchites permanente..... | 57 |
| 9.3 Calculo de contenido relativo de agua..... | 58 |
| 9.4 Calculo de clorofila..... | 58 |
| 9.5 Método de Agar-Placa | 58 |
| X BIBLIOGRAFÍA | 60 |

I. RESUMEN

Las respuestas morfométricas, y fisiológicas que las plántulas presentan ante el estrés hídrico, lumínico, o por patógenos entre otros, son de trascendental importancia en los sitios de reforestación, donde el éxito en su establecimiento a largo plazo depende, en buena medida de los escenarios posibles tales como sitios de alta o baja luminosidad, alta pendiente, grado de pedregosidad, humedad edáfica, tipos de sustratos con distintas capacidades nutricionales entre otros. Dichas respuestas han sido estudiadas en diversas especies de plantas entre las que destaca el género *Quercus*, con especies consideradas clave en la restauración de bosques en México. Por lo anterior, es que en el presente estudio se determinaron en invernadero, las respuestas morfométricas y fisiológicas de *Quercus rugosa* a estrés hídrico, fertilizadas con ácidos fúlvicos (picomódulos) y sin fertilizar; y de *Quercus dysophylla* en estrés hídrico con dos sustratos (tierra roja y tierra roja:hojarasca 2:1) y con un tubo de aireación al sustrato. Por otra parte se determinó la relación entre presencia de necrosis foliar con luz, riego y sustrato, así como la presencia o ausencia de hongos fitopatógenos en, raíz, tallo, hojas y suelo para envasar.

Quercus rugosa, registró evasión a la sequía, reduciendo su conductancia estomática (Ce), así como su área foliar manteniendo un CRA con valores similares al riego. En tanto que la aplicación de picomódulos comprimidos arrojó resultados favorables en cuanto a la evasión a la sequía registrando un mayor desarrollo de raíces finas con respecto del resto en sequía, valores de conductancia similares al total de los tratamientos en riego, sin un decremento de su CRA.

En *Quercus dysophylla* una menor (Ce) y potencial hídrico de la hoja fueron importantes en la evasión a la sequía, sin embargo al término del experimento estos valores mostraron valores similares al riego, sin que ello tuviera repercusión alguna en su CRA.

. En la colocación de un tubo de aireación se registraron valores significativamente mayores en altura así como una notable tendencia a mayor desarrollo de raíces finas.

El sustrato con tierra roja sola registro valores menores de conductancia, y valores mayores de clorofila a, b y total.

Por otra parte se registro un mayor porcentaje de presencia de necrosis foliar en plántulas con tierra negra como sustrato, sin embargo aquellas con tierra roja presentaron necrosis en menor proporción con respecto de las de tierra negra. Con base en lo anterior y al análisis por el método de Agar-placa no se determinó a ningún micromiceto patógeno, atribuyéndose como la posible causa de dicha necrosis a hongos del género *Fusarium*, encontrados en muestras de raíz, y tallo, asumiendo con esto que este fitopatógeno pudo haberse establecido por infección vía aérea o bien estar presente desde el principio del ensayo en las muestras.

Estos resultados, sugieren que tanto *Q. rugosa* como *Q. dysophylla* son especies evasoras a la sequía; que la aplicación de picomódulos comprimidos tuvo un ligero efecto positivo en la resistencia a sequía de *Q. rugosa*, en tanto que el tubo de aireación contribuye a un desarrollo mas rápido del sistema radical de *Quercus dysophylla* y que la mezcla de tierra roja con hojarasca puede tener un efecto negativo.

Así como que un sustrato con un mejor drenado es mas favorable para el desarrollo de estas especies de *Quercus*, por otra parte la causa de la necrosis foliar en estas especies se atribuyó probablemente al efecto causado por el hongo del género *Fusarium*.

II INTRODUCCION

El efecto de factores ambientales sobre el desarrollo de plántulas en sus primeras fases de propagación enfrenta problemas motivados, sobre todo por las diferencias entre los sitios de propagación y los de establecimiento definitivo. El déficit hídrico es probablemente el factor de estrés más importante prevaleciente en dichas zonas el cuál determina el desarrollo óptimo de las plántulas, en este sentido son de trascendental importancia las adaptaciones estructurales y fisiológicas de las especies forestales que permitan su sobrevivencia en sitios con poca disponibilidad de agua (Schwans 2001) Otro aspecto presente en los sitios de reforestación es la alta incidencia de luz, dada por la pérdida total del estrato arbóreo, situación favorable para especies invasoras y de etapas iniciales de la sucesión, pero estresante para otras especies que se desarrollan mejor bajo la protección de plantas nodriza (Marí nez 1996). Con la pérdida de la cobertura vegetal se pierden también la protección natural contra la erosión, así como del suelo fértil, que en la mayoría de los casos es casi total por lo que se busca la fertilización del suelo como un medio para favorecer el desarrollo de plántulas, siendo la fertilización orgánica la más usada en los últimos años (Flores 2000). Aunado a estas limitantes para las plantas existen enfermedades que propician su muerte dadas por factores estresantes, agentes patógenos o por la combinación de ambos (Canovas 1996). En tanto en los sitios de propagación (viveros) una de las problemáticas mas frecuente son las pudriciones de raíz causadas por microorganismos que atacan a las plantitas después de establecerse o cuando se han trasplantado a cajas, envases o camas (Gibson y Salinas 1985).

Ante dicha problemática surge la necesidad de tomar medidas efectivas que eviten la desaparición de los ecosistemas, que promuevan su recuperación, conservación parcial y su posible uso sostenido (Marí nez 1996). Este concepto implica conocer con bastante aproximación los tipos y productividades de suelos forestales, sus características y limitantes, así como las especies adecuadas para la reforestación y las prácticas propicias para ello (Gómez-Tagle 1998)

Recientemente las autoridades de la Ciudad de México, a través de la Comisión Regional para la Naturaleza (CORENA), han modificado las normas al establecer nuevos reglamentos para el manejo y mantenimiento del arbolado. Han favorecido y estimulado las plantaciones con especies nativas de gran valor ambiental y que cumplen los preceptos del desarrollo sustentable, como el ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), pinos y encinos de la zona (Tovar 2000). Estos últimos han sido sugeridos como especies clave en la restauración de bosques, aunque no se consideran especies pioneras, pueden reclutarse en etapas tempranas de la sucesión secundaria (Bonfil 1998).

Los encinos (*Quercus*) en México ocupan en forma pura un 5.5% del territorio nacional siendo frecuente que la dominancia se reparta entre varias especies del mismo género y a menudo admitan la compañía de los pinos constituyendo el bosque con mayor diversidad que cualquiera de los del planeta. Así mismo forman asociaciones con otras especies tales como: *Abies*, *Alnus*, *Arbutus*, *Cupressus*, *Juniperus*, entre otros (Rzedowski 1981). México en particular destaca por ser el centro de diversidad para este género en el hemisferio occidental con 140-150 especies de las cuáles 86 son endémicas (Nixon 1993 citado por Olvera *et al.* 1997). El género se encuentra en casi todos los estados de la República excepto en Yucatán; encontrándose entre los 1200 y los 2800 msnm, aunque incluso se les puede ver a nivel del mar y hasta alturas superiores a los 3000msnm, denotándose que las especies con mayor distribución en el país son Q.

castanea, *Q. crassifolia* y *Q. rugosa* (Rzedowski 1981). Los tipos de suelo donde se desarrollan son profundos de terrenos aluviales planos, con buen drenaje (Martínez 1995 citado en Olvera *et. al.* 1997). Sin embargo se distribuyen en casi todos los tipos de suelo.

Las adaptaciones morfológicas, fisiológicas y bioquímicas de las plantas, son mecanismos adquiridos a través de la selección natural que les han permitido sobrevivir en situaciones adversas (Azcon-Bieto 1993).

III ANTECEDENTES

3.1 *Quercus* en México

En México los trabajos sobre el género *Quercus* previos a 1980 estaban basados en inventarios florísticos de una determinada región, otro aspecto que aun prevalece en los años 80 y hasta hoy en día es el taxonómico (Aguilar 1985), así mismo en estos años empezaron a tener especial importancia los trabajos relacionados con ecología (Nieto de Pascual 1985, Isidro, 1985), una variante a dichas temáticas es el realizado por Ponce de León en 1985 donde abordó aspectos ecofisiológicos. Otros trabajos de esta misma época se enfocaron a la silvicultura y ordenación así como a la utilización en los que se hace especial énfasis en la poca utilización que hasta el momento se había hecho de ellos, no obstante en la década pasada esta visión tuvo un giro y varios trabajos se centran en reportes ecológicos así como de restitución de sitios deforestados, (Sierra 1993, Robledo 1997, Suárez 1998, Bonfil op. cit.) así como en el análisis en el cambio en la estructura y composición de especies al nivel de adulto, juvenil y brinzal en bosques de *Quercus crassipes* (Figueroa-Rangel y Olvera-Vargas 2000). Sin embargo, han quedado relegados aspectos que deben ser considerados de manera integrativa en un programa de reforestación o de restauración ecológica; aspectos tales como el fenológico del que se presentan pocos trabajos (Olvera, 1997); así como las respuestas bioquímicas y fisiológicas y morfológicas ante diferentes estrés ambientales, intensidad de luz, nivel de humedad, salinidad y patógenos entre otros.

3.2 Descripción de las especies de estudio

3.2.1 Descripción de *Quercus rugosa* Nee

Quercus rugosa, Liebm. "encino quiebra hacha" (Hgo.) es un Árbol perennifolio o caducifolio, de 3 a 8 m; 10 a 20 m (hasta 30 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 50 cm (hasta 1.2 m).

HABITAT; Se extiende desde el oeste de Texas y sur de Arizona, Estados Unidos, hasta Chiapas, México. Prospera en laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, en terrenos planos y en lugares secos o muy húmedos. Se le encuentra en suelos someros o profundos, en pocas ocasiones rocosos y pedregosos. el reclutamiento se favorece en lugares mésicos, no totalmente expuestos, ni demasiado sombreados por el sotobosque resulta más apropiado el trasplante selectivo a micro sitios espedíficos, cuidadosamente seleccionados, que imiten las condiciones de sombra parcial y aporte de hojarasca al suelo que se dan en el borde del bosque (Bonfil op. cit).



Figura 1: Esquema de *Quercus rugosa*

3.2.2 Descripción de *Quercus dysophylla* Benth.

SINONIMIAS: *Quercus hahnii* Trel.

NOMBRE COMUN: Encino.

DESCRIPCION:

Árbol de 10 metros, a veces hasta de 20, diámetro de 10 cm; ramillas acanaladas, de 3 mm de grueso, tomentosas, después lisas, de color gris rojizo; yemas ovoides, color rojo moreno, de 3-5 mm de largo; hojas deciduas, gruesas y coriáceas, de ovado-lanceoladas a elípticas, de 5-9 cm de largo por 2-4 cm de ancho, margen entero, ligeramente ondulado, engrosado y revoluto, ápice obtuso a agudo con una punta delgada, base redondeada o corvada, haz liso y brillante, verde oscuro y con algunos pelos estrellados a lo largo del nervio central, envés densamente blanco-lanoso-tomentoso, que no deja ver la epidermis ampulosa; fruto anual solitario o en pares, involucre en forma de patito, escamas del involucre delgadas y obtusas, morenas o grises, bellota ovoide y alargada (Procymaf, Semarnat 2000)



Figura 2: Esquema de *Quercus dysophylla*

3.3 Estrés hídrico

Las plantas presentan respuestas morfológicas, fisiológicas y bioquímicas acorde al estrés en el que habitan por lo tanto acumulan el carbono en órganos particulares, por ejemplo: si la limitante es la luz, el crecimiento del tallo se acelera, cuando los factores limitantes son el agua y los nutrientes, prolifera el crecimiento de raíces (Terry *et al.* 1996).

Basándose en las adecuaciones en respuesta al déficit hídrico, las plantas se clasifican en tres categorías principales I) plantas con escape a la sequía, es decir, con capacidad de producir antes del inicio de sequía II) plantas evasoras a la sequía (estrategias enfocadas en maximizar la toma y/o evitar la pérdida de agua) III) plantas tolerantes a la sequía (plantas con ajuste osmótico lo que les permite mantener la turgencia celular (Levit, 1980, Auge *et al.*, 2002).

Sobre la base de estas consideraciones un gran número de plantas ha sido estudiado en México y el mundo,

Cavender-Bares y Bazzaz (2000) reportan que plántulas y juveniles de *Quercus robur* son mas afectados que los árboles maduros en términos de las relaciones hídricas y

fijación de carbono, las plántulas responden a la sequía por el cierre estomático en tanto los árboles maduros por evasión a la sequía accediendo a las reservas profundas de agua (mayor profundidad de raíz).

En la misma especie Picón *et al.* (1997) señala cierre estomático como consecuencia de déficit hídrico, lo que limita la asimilación de CO₂ así mismo Fort *et al.* (1997) registro bajas en la conductancia estomático, haciendo énfasis en la raíz como el lugar donde se origina la señalización para tal ajuste.

Nardini *et al.* (2000) y Peñuelas *et al.* (2000) encontraron la estrategia de *Q. ilex* para evadir la sequía esta basada en el ahorro de agua. En contraste Gratanni y Bombelli (1999) obtuvieron efectos combinados de decremento en la toma de CO₂, incremento en la transpiración y la pérdida de agua. Tognetti (1998) en la misma especie apunta que la disminución en transpiración puede conllevar a una reducción de biomasa en las ramas y por ende de área foliar, todo ello como consecuencia del cierre de estomas.

Donovan *et al.* (2000) experimentó las diferencias en el uso y estado de los recursos entre *Q. laevis*, *Q. margaretta*, *Q. Incana*, registrando resultados consistentes con la interpretación de que estas especies son generalmente evasoras a la sequía.

Fotelli *et al.* (2000) reportan a *Q. frainetto* como poco tolerante a la sequía, mientras que otras mas resistentes presentan cambios morfológicos en respuesta a las relaciones hídricas estacionales. Así *Q. ilex* registro tallas pequeñas, *Q. pubescens* hojas pequeñas y mayor cantidad de raíces finas, al igual que *Q. macrolepis*.

En *Q. prinus* y *Q. alba* junto con otras 4 especies del bosque de encino en Tennessee se estudiaron el potencial osmótico y de turgencia en respuesta a la manipulación de la irrigación registrando los encinos, tanto en riego como en sequía potenciales osmóticos significativamente menores al resto de las especies siendo *Q. prinus* la única especie que registro ajuste osmótico (Gebre *et al.* 1998).

3.4 Fertilización

En cuanto a fertilización con ácidos fúlvicos Flores (2000) menciona que al aplicar estos son amplios los beneficios en aspectos tanto sobre el metabolismo de los vegetales como en los suelos (física, química y biológicamente). Cabe destacar que las formas de presentación comercial de los ácidos fúlvicos incluyen pastillas de liberación lenta de 0.350 g. denominados picomódulos. Por su parte Ayala (2003) refiere sin efectos positivos el efecto de su adición a otras prácticas de cultivo en el rendimiento biológico y económico de maíz (*Zea maiz*).

3.5 Sustrato

Thomas y Hartmann (1998) haciendo una comparación entre dos sitios uno arcilloso y uno con hidromorfias edáficas, encontraron que un alto contenido de arcilla en el subsuelo aumenta el periodo de saturación de agua, así como la existencia de cambios marcados entre la saturación de agua y la sequía, en tanto existen decrementos en disponibilidad del agua durante periodos secos; razón por la cual se desarrolla biomasa reducida y la densidad de las raíces finas es pobre en plántulas de *Q. robur*.

Biran y Eliasa (1980) analizaron tres métodos de aireación en plántulas de *Ficus benjamina* con resultados consistentes en el incremento de desarrollo de raíces finas y mayor biomasa al colocar transversalmente un tubo perforado con poliestireno al igual que con tres tubos perforados verticalmente ambos disminuían en 40 % el volumen del contenedor principal, e incrementaban en un 60 % el área superficial.

3.6 Estrés por patógenos

Las enfermedades de encinos pueden deberse tanto a factores abióticos, como a factores bióticos, de estos últimos sobresalen los hongos: *Ceratocystis fagacerum* el cual causa la enfermedad conocida como chalariosis causante del marchitamiento del encino en el encino rojo en Texas (Lewis *et al.*, 1983), así como del encino rojo del norte y del encino blanco, en Minesota (French, 1984). de *Q. laevis* en Carolina del Sur (Jordán *et al.*, 1996) y de *Q. fusiformis* y *Q. virginiana* en el centro de Texas (Appel, 1995). Afectadas por el mismo patógeno varias especies son reportadas en California de las cuales las mas susceptibles a este patógeno fueron *Q. suber*, *Q. Kelloggii* ; las regularmente sensibles correspondieron a *Q. chrysolepis* y *Q. tomentella* ; por último, las menos sensibles fueron *Q. agrifolia* y *Q. wislizenii*, (Appel, 1994). Otra especie de hongo que afecta a *Quercus* es *Phytophthora cinnamomi*, el cual causa la mortalidad de los encinos en el estado de Colima, México, donde las especies de encinos mas afectadas son *Q. peduncularis*, *Q. salcifolia*, *Q. glaucoides* (Tainter *et al.*, 2000). Este mismo patógeno se reporto afectando a *Q. alba*, *Q. falcata* y *Q. coccinea* en el sur de Appalacchian (Jordán *op. Cit.*). Por otra parte *Phytophthora sp.*, fue la causa de la muerte de cientos de encinos de las especies *Q. agrifolia* y *Q. kelloggii* en el norte de California (Millius 1995). Finalmente uno de los hongos que causa daños de consideración en encinos es *Fusarium oxysporum* el cual ocasiona pudrición de raíz y crecimiento lento en *Q. ilex* (Gallego, 1999) De la misma manera *Fusarium eumortii* causa de la declinación de *Quercus robur* en España (Hagazzi, 2002). En cuanto a las enfermedades de origen abiótico en *Quercus* son: la falta de agua, como agente predisponente al ataque por insectos y hongos patógenos, el otro extremo, es decir, ante un exceso de agua, las raíces mueren ahogadas. Este fenómeno viene acompañado generalmente de decoloraciones pardo-amarillentas de las hojas (Cánovas *op. cit.*)

IV. OBJETIVOS

4.1 Comparar en invernadero las respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de *Quercus rugosa* sometidas a estrés hídrico, fertilizadas con ácidos fúlvicos.

4.2 Comparar en invernadero las respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de *Quercus dysophylla* sometidas a estrés hídrico, con diferentes sustratos y aireación del sustrato.

4.3 Investigar en invernadero la relación entre la presencia de necrosis foliar en plántulas de *Quercus rugosa* y diferentes niveles de intensidad luminosa, humedad edáfica, y saturación del sustrato.

4.4 Detectar y determinar a posibles agentes causantes de la necrosis foliar en plántulas de *Quercus rugosa* crecidas en invernadero.

V. METODOLOGIA

5.1 Respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de *Quercus rugosa* bajo estrés hídrico, fertilizadas y sin fertilizar

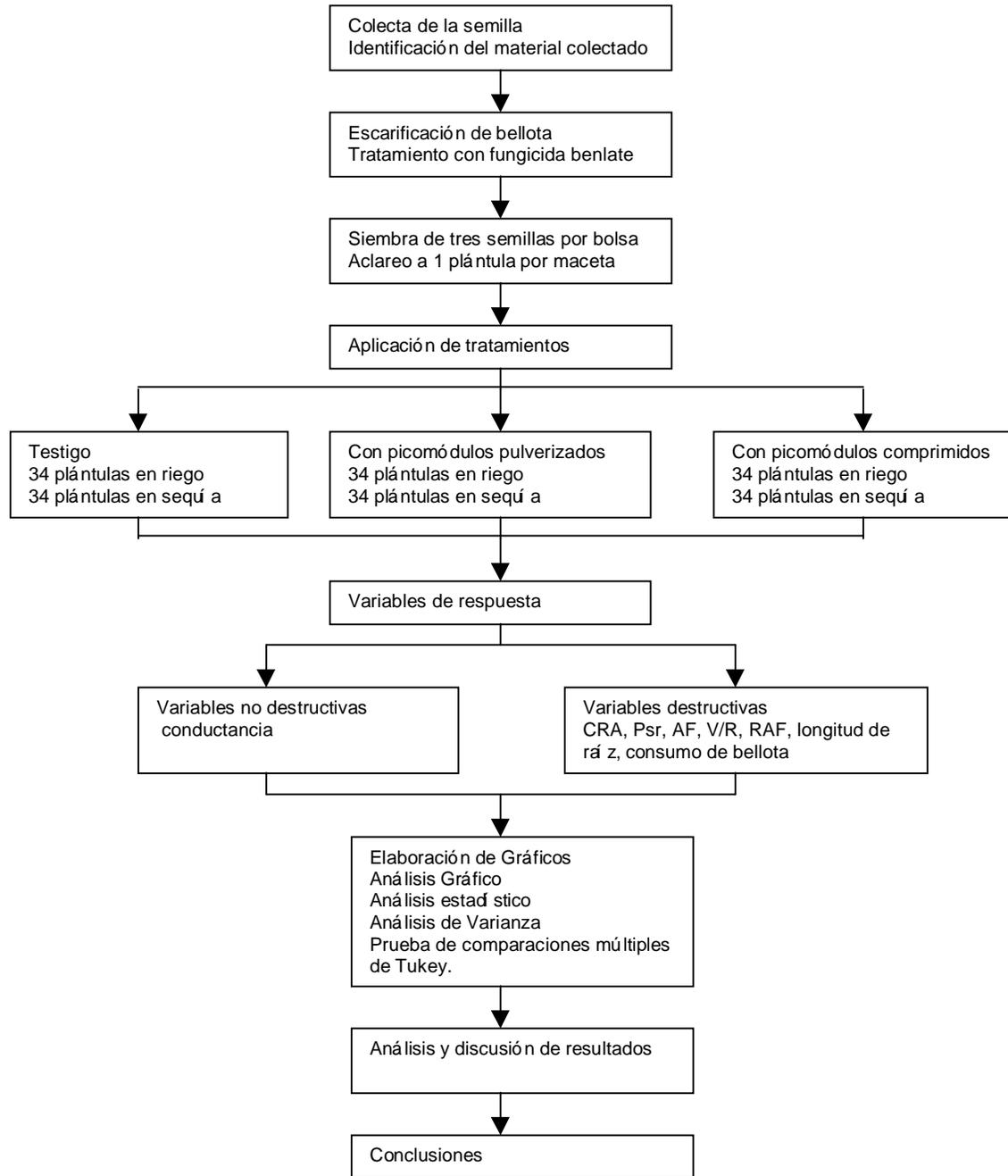


Diagrama de flujo del ensayo Respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de *Quercus rugosa* sometidas a estrés hídrico, fertilizadas y sin fertilizar.

Colecta de la semilla: Se llevó a cabo en el Municipio de Tlaxco, entre los pueblos de Mazaquiahuc y Maíz Cenizo, Tlaxco Tlaxcala en las coordenadas geográficas 19° 39' 16" latitud norte, 98° 17' 30" longitud oeste; debido a la poca disponibilidad de semillas de esta especie en el lugar planeado originalmente como sitio de colecta en Chapa de Mota Estado de México.

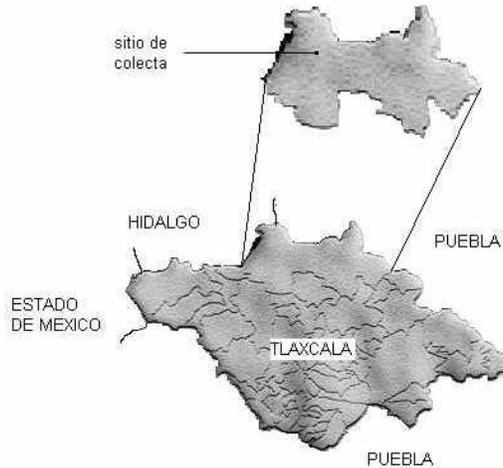


Figura 3: Ubicación geográfica del sitio de colecta de semillas de *Quercus rugosa*. Para identificar la especie se colectaron ramas con semilla. La identificación de la especie fue realizada por el M. en C. Daniel Tejero Díez. (Herbario de la Unidad de Morfología y Función, FES Iztacala UNAM).

Germinación: Se escarificaron las bellotas quitando totalmente la testa con la ayuda de una navaja, teniendo cuidado de no dañar el embrión.

Para aminorar la posibilidad de infestación por patógenos y facilitar la germinación, las bellotas escarificadas se colocaron durante 1 hora en una solución con 2gr/l de Benlate, colocándose finalmente en bolsas de plástico cerradas con agua la cual fue removida diariamente durante 1 semana.

Unidad experimental. Consistió de una bolsa de plástico negro de 10 x 15 cm con 400 gr de sustrato con una planta de *Quercus* de 10 a 12 cm.

Siembra. Una vez emergida la raíz se sembraron tres semillas en cada bolsa de plástico conteniendo 400 gramos de sustrato tierra negra-agrolita 1:1; con una irrigación correspondiente a una humedad aprovechable entre 80-100%.

Aclareo: Cuando las plántulas tenían dos meses de edad fueron aclareadas a una por unidad experimental.

Tratamientos: Dos semanas después del aclareo se separaron en lotes como sigue:

- 68 unidades experimentales un picomódulo (0.350 grs. c/u) en pastilla (fertilizante orgánico, a base de ácidos fúlvicos) proporcionados por Química foliar S. A. de C. V.
- Un picomódulo pulverizado.
- Testigo

34 unidades experimentales fueron mantenidas a un nivel de 25% de Humedad aprovechable (HA), en tanto otras 34 unidades experimentales se mantuvieron dentro de un intervalo entre 80 y 100% de HA.

Una vez diferenciados los tratamientos en riego y sequía se definió un diseño bifactorial (2*3) con 2 niveles de Humedad por tres niveles de fertilizante con 34 plántulas por tratamiento.

| | | |
|-------------------------------|---------------|------------|
| Testigo | Riego (R-T) | 34 u. exp. |
| | Sequía (S-T) | 34 u. exp. |
| Con un picomódulo pulverizado | Riego (R-PP) | 34 u. exp. |
| | Sequía (S-PP) | 34 u. exp. |
| Con un picomódulo comprimido | Riego (R-PC) | 34 u. exp. |
| | Sequía (S-PC) | 34 u. exp. |

Tabla 1: Diseño experimental *Quercus rugosa* en riego-sequía; Testigo, con picomódulos comprimidos o pulverizados.

5.2 Respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de *Quercus dysophylla* bajo estrés hídrico, con diferentes sustratos y aireación del sustrato.

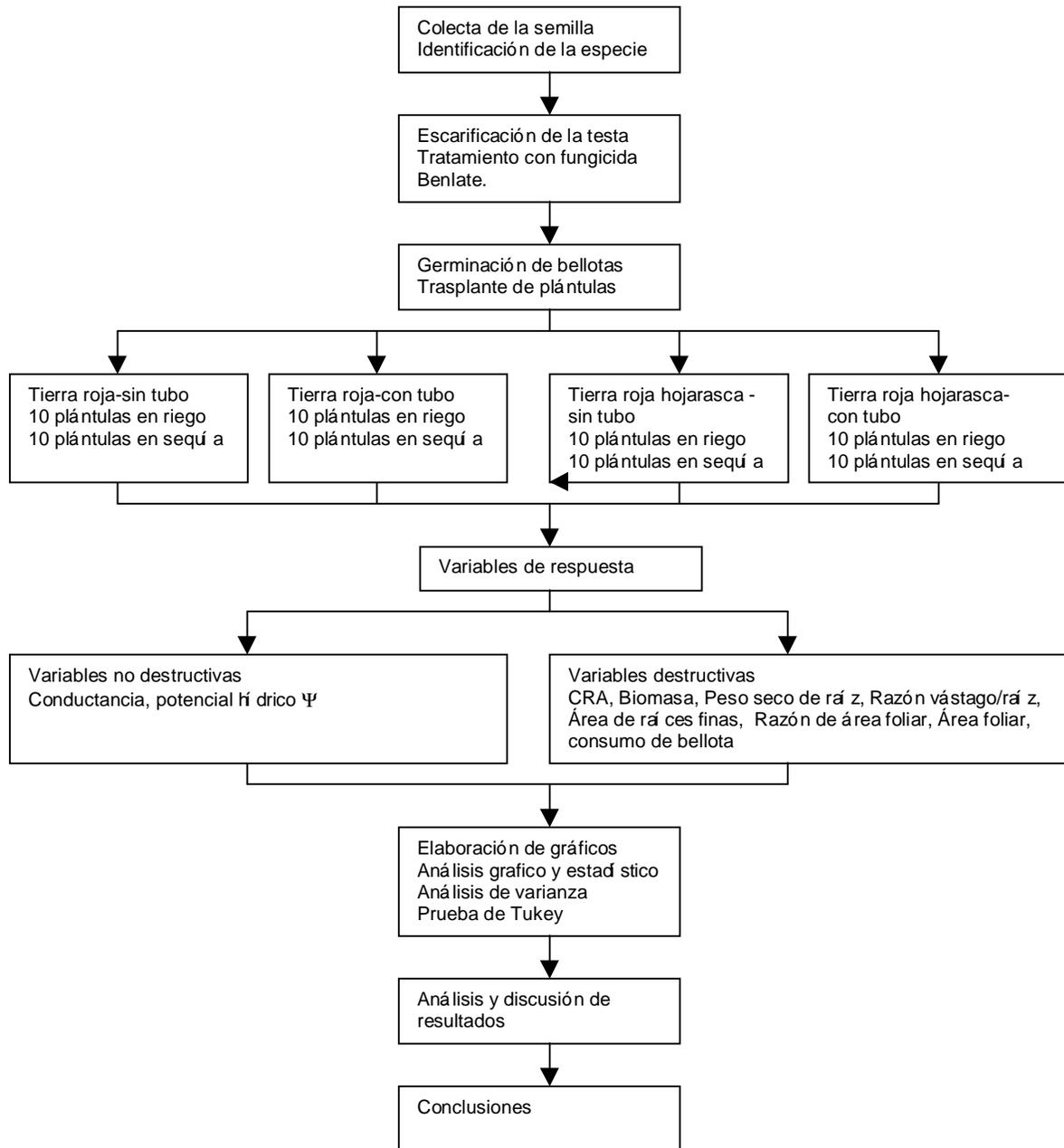
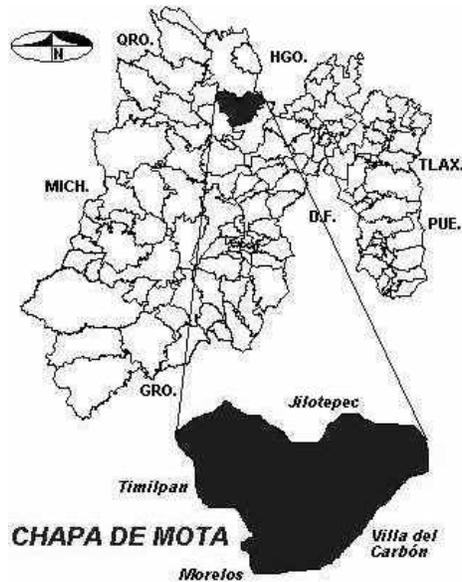


Diagrama de flujo de la respuesta morfométrica y fisiológica de plántulas de *Quercus dysophylla* bajo estrés hídrico, con dos sustratos y con tubo de aireación del sustrato



La colecta de semilla se llevó a cabo en el municipio de Chapa de Mota en los alrededores del Parque Recreativo Chapa de Mota en las coordenadas geográficas 19° 48' 42" latitud norte y 99° 31' 14" longitud oeste. Y recibieron el mismo tratamiento con enlase y de escarificado antes mencionado.

Figura 4 Ubicación geográfica del sitio de colecta de bellotas de *Quercus dysophylla* Identificación del material colectado en el herbario IZTA de la FES Iztacala con número de registro 41615.

Germinación: Una vez emergida la raíz las semillas fueron colocadas en un cajón de plástico de 50x80cm, a manera de almácigo a fin de obtener plántulas

Trasplante: 1 plántula por maceta en macetas con 1500 grs. con sustrato de tierra roja.

Sustrato: Un total de 40 plántulas tuvieron como sustrato tierra roja procedente de Chapa de Mota, Estado de México en tanto que otras 40 tuvieron como sustrato tierra roja: hojarasca con una proporción 2:1

Aireación de raíz: A 20 macetas con tierra roja y 20 macetas con tierra roja-hojarasca se les enterró un tubo de poliducto de 25 cm de longitud, y 2cm de diámetro, multiperforado en dos terceras parte de su longitud hasta abarcar un 12% de su área total. Al resto de las 20 plantas de cada sustrato no se les colocó tubo.

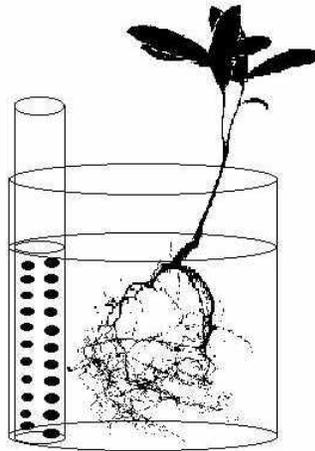


Figura 5 Esquema de la colocación de un tubo para aireación del sustrato de plántulas de *Q. dysophylla*

Riego-sequí a: Después de dos meses a partir del transplante se ajustó la irrigación correspondiente a riego (100-80% de humedad aprovechable) y seqú a (25 % de humedad aprovechable) El control de la humedad aprovechable se llevo por un medidor de humedad edáfica con valores arbitrarios, correspondientes a 1-3=seco, 4-7=humedo 8-10-saturación de agua a cada uno de las diferentes combinaciones tierra roja con y sin tubo, y tierra roja-hojarasca con y sin tubo, quedando diez plántulas por combinación en un diseño trifactorial 2*2*2 (ver tabla 2)

| | | |
|----------------------------|-----------------------|-------------------|
| Tierra roja | Sin tubo de aireación | Riego (TR-ST-R) |
| | | Seqú a (TR-ST-S) |
| | Con tubo de aireación | Riego (TR-CT-R) |
| | | Seqú a (TR-CT-S) |
| Tierra roja: hojarasca 2:1 | Sin tubo de aireación | Riego (TRH-ST-R) |
| | | Seqú a (TRH-ST-S) |
| | Con tubo de aireación | Riego (TRH-CT-R) |
| | | Seqú a (TRH-CT-S) |

Tabla 2: Diseño experimental: Quercus dysophylla con dos sustratos, tubo de aireación en riego o seqú a.

Variables de respuesta evaluadas tanto en *Q. rugosa* como en *Q. dysophylla*

a) Variables no destructivas

Conductancia ($C_e: \text{cm s}^{-1}$): Se cuantificó en la cuarta-sexta hoja del ápice hacia la base con un porómetro Licor steady state. Cada mes y medio (2 mediciones) .

Longitud de raíces finas diámetro menor de 1.0 mm (Leuchsner, 2000). Cuya longitud fue ajustada a los parámetros numéricos siguientes 1 = 1.5cm, 2 = 3 cm y 3 = 4.5cm. La densidad fue valorada visualmente asignando valores de 1, poca, 2, regular, y 3, abundante(solo *Q. rugosa*).

Potencial hídrico (MPa): Se evaluó en la cuarta-sexta hoja del ápice hacia la base con un Psicrómetro-Higrómetro HR33T DEW POINT MICROVOLTMETER cada dos meses (solo para *Q. dysophylla*).

Variables destructivas:

Se evaluaron a 30 y 60 DS para *Q. rugosa* y a 45 y 90 DS para *Q. dysophylla*.

Peso seco de raíz tallo y hojas (g) de 3 unidades experimentales por tratamiento, Todas las partes de la planta fueron secadas a 75° C durante 24 hrs.

Área foliar (cm²) con un Integrador de Área Foliar LI 3000 A.

Razón vástago / raíz (V/R)= Peso seco de tallo + peso seco de hojas (g)/peso seco de raíces (g)

Razón de área foliar (RAF)= Área foliar (cm²)/ Peso total (g)

Contenido relativo de agua foliar (CRA)=Peso Fresco (g)- Peso seco (g)/ Peso turgente (g) – peso seco (g))*100.

Área radicular mediante Imageen tool 3.0 2004 (programa de computación para evaluación de área foliar). Únicamente para *Quercus dysophylla*.

Consumo de bellota (promedio de bellota escarificada 1cm): Se le asignaron valores de 1 bellota consumida, 2 bellota medianamente consumida y 3 bellota prácticamente integra.

 **1 Bellota consumida 50%**  **2 bellota regular 75%**  **3 Bellota integra 100%**

5.3 Relación entre la presencia de necrosis foliar en plántulas de *Quercus rugosa* y diferentes niveles de intensidad luminosa, humedad edáfica, y tipo de sustrato.

Se ha observado de forma particular en plántulas de *Quercus rugosa* la presencia de un patrón necrótico en las hojas el cual se asoció de forma preliminar a un patógeno en virtud de presentarse de forma más acusada cuando se someten a condiciones de riego en condiciones de invernadero. Por lo anterior, se determinó hacer una descripción detallada de la sintomatología y la probable etiología de esta misma en las condiciones dadas.

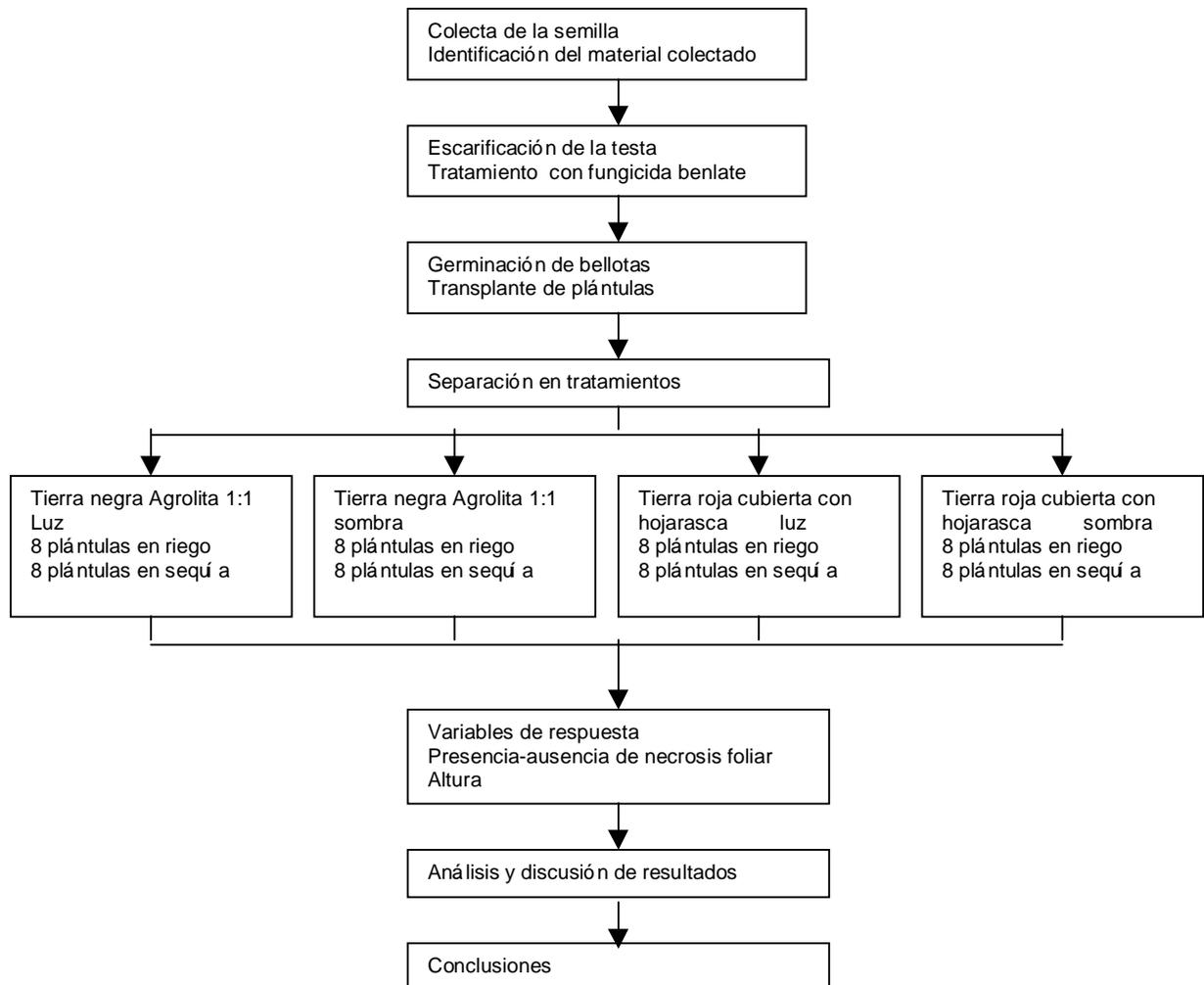


Diagrama de flujo de la relación entre la presencia de necrosis foliar en plántulas de *Quercus rugosa* y diferentes niveles de intensidad luminosa, humedad edáfica, y tipo de sustrato.

Siembra: ubicación de una semilla por maceta en macetas con 800 gramos de sustrato

Diseño experimental

Sustrato: 2 diferentes mezcla tierra negra-tezontle y tierra roja-hojarasca,

Riego Sequía: 100% de humedad aprovechable y 25% de humedad aprovechable

Intensidades de luz: Intensidad luz ambiente y a 1/2 de intensidad luz ambiente

El diseño ocupado es trifactorial 2*2*2.

| | | | |
|--|-----------------------------|--------|----------|
| Tierra negra: Tezontle 2:1 32 u exp. | Luz ambiente 16 u exp. | Riego | 8 u exp. |
| | | Sequía | 8 u exp. |
| | ½ de luz ambiente 16 u exp. | Riego | 8 u exp. |
| | | Sequía | 8 u exp. |
| Tierra roja cubierta de hojarasca 32 u exp. | Luz ambiente 16 u exp. | Riego | 8 u exp. |
| | | Sequía | 8 u exp. |
| | ½ de luz ambiente 16 u exp. | Riego | 8 u exp. |
| | | Sequía | 8 u exp. |

Cuadro 3: Relación entre 2 sustratos, 2 intensidades de luz y 2 niveles de irrigación.

Las plántulas tuvieron un arreglo de bloques completamente al azar.

VARIABLES DE RESPUESTA EVALUADAS

Altura a los 15, 30, 45.60, 75, 90 días de emergidas las plántulas.

Determinación del porcentaje de muerte de plántulas cada dos semanas.

5.4 Detección y determinación de posibles agentes causantes de la necrosis foliar en plántulas de *Quercus rugosa* desarrolladas en invernadero

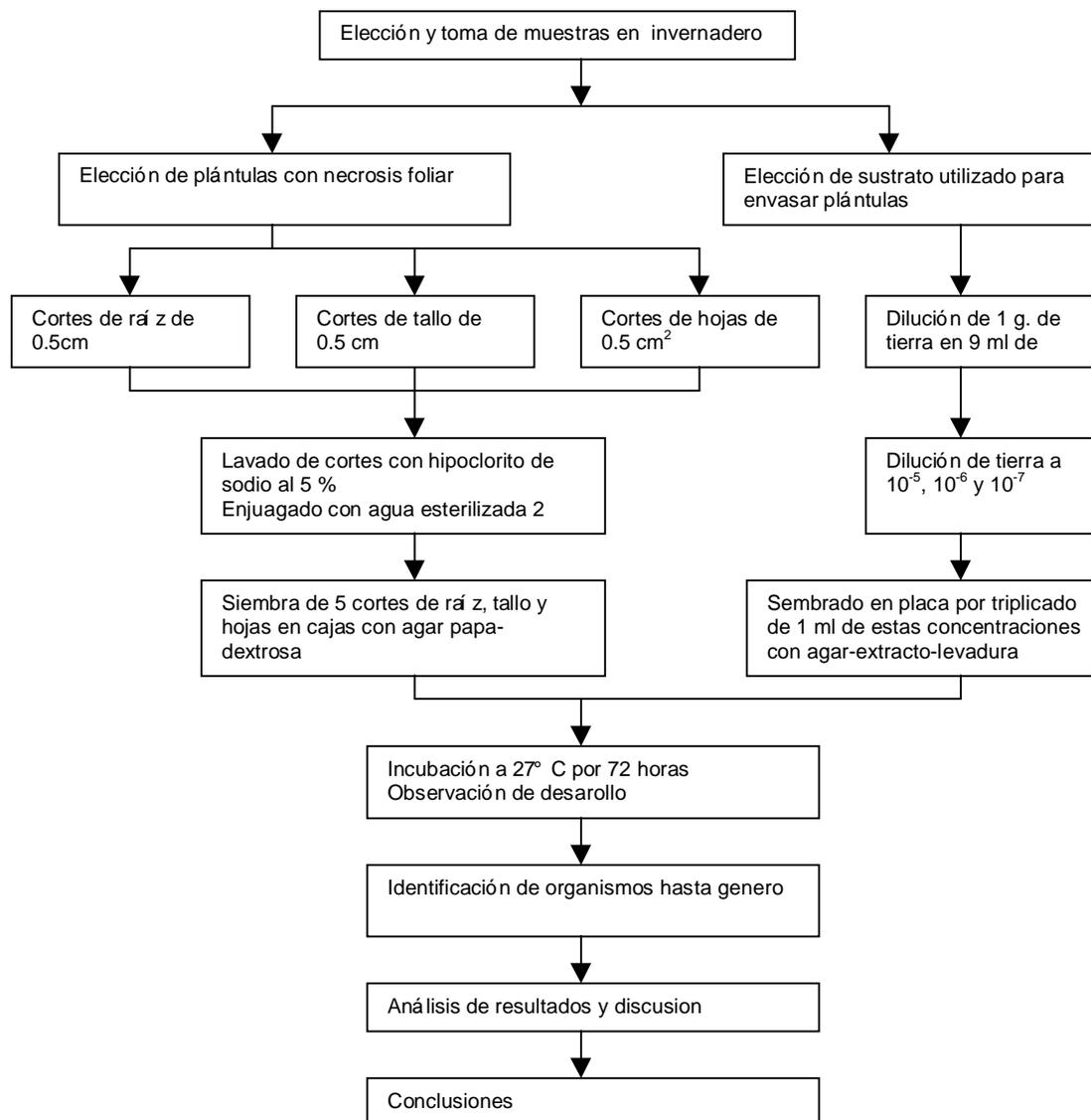


Diagrama de flujo de la detección y determinación de posibles agentes causantes de la necrosis foliar en plántulas de *Quercus rugosa* desarrolladas en invernadero

5.4.1 Actividades de gabinete:

Búsqueda, selección y análisis de información bibliográfica referente reportes de especies de microorganismos que afectan *Quercus* y algunas especies de importancia forestal, métodos de cultivo de fitopatógenos y claves de determinación de micromicetos y ascomicetos.

5.4.2 Actividades de campo:

5.4.2.1 Las muestras de sustrato (tierra negra) se colectaron del montículo de suelo, cuya procedencia fue la localidad de estudio, el cual fue almacenado en el invernadero de la Unidad de Morfología y Función de la FES Iztacala. La muestra de suelo colectada se obtuvo de diferentes puntos de dicho montículo. Posteriormente fue trasladada al laboratorio de Entomología y fitopatología forestal del CENID-COMEF- INIFAP, para su estudio microbiológico.

5.4.2.2 Selección de plántulas que presentaban daño (necrosis foliar).

Se seleccionaron al azar tres plántulas con daño evidente.

5.4.3 Actividades de laboratorio

5.4.3.1 Análisis de suelo

Se utilizó el método Agar-placa de diluciones de 10^{-5} y 10^{-6} y 10^{-7} con tres repeticiones por concentración. Las cajas con el material sembrado se incubaron a una temperatura entre 25° y 28° C (ver apéndice).

Una vez transcurrido el período de incubación (72 hrs.) se registraron las características de las colonias desarrolladas, con el objeto de caracterizarlas macro y microscópicamente. De cada colonia se tomaron muestras para realizar preparaciones en azul-algodón-lactofenol. Enseguida se procedió a la determinación de micromicetos, mediante el microscopio de contraste de fases y de claves específicas (Dornsch 1980).

5.4.3.2 Análisis de raíz tallo y hojas

Se realizaron cortes de (0.5cm²) de hojas, tallo y raíz de zonas con evidencia de daño, posteriormente fueron desinfectadas en Hipoclorito al 5% dejándose remojar durante 3 minutos, estas muestras se enjuagaron tres veces con agua esterilizada, y se colocaron en cajas de petri con papel filtro previamente esterilizadas para quitar el exceso de agua de estas; Tales muestras se sembraron por separado en cajas de petri que contenían el medio de cultivo papa-dextrosa-agar, en cada una de ellas se colocaron cinco muestras, de cada muestra patológica (tres muestras) se establecieron tres repeticiones.

Las cajas con el material sembrado se incubaron a una temperatura entre 25° y 28° C, realizando observaciones a partir de las 48 horas con el objeto de ver las colonias con mayor grado de desarrollo, y de esta forma realizar preparaciones con azul-lactofenol-algodón.

La determinación de micromicetos, fue realizada mediante el microscopio de contraste de fases y con el apoyo de claves específicas (Barnet 1972).

5.5 Análisis estadístico

Para ambos casos de estudio se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con $n_1=n_2...=nk$, así como análisis de ANDEVA de frecuencia variable (al menos una n diferente) con una α de 0.05 o α de 0.08 mediante el programa STATISTICA 6.0 (1998) y en los casos que así lo ameritó, la prueba de comparación múltiple de Tukey. Con la evaluación de carácter cualitativo se realizó únicamente análisis de gráfica.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de *Quercus rugosa* sometidas a estrés hídrico, fertilizadas y sin fertilizar

| Variable | R-SP | S-SP | R-PP | S-PP | R-PC | S-PC |
|-----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Ce a 45 | | | | | | |
| DS 8:00 | 80.81 ± 20.24 | 58.50 ± 4.01 | 67.57 ± 25.70 | 79.88 ± 9.12 | 65.66 ± 26.90 | 53.40 ± 23.30 |
| Ce a 45 | 63.84 ± 10.37 | 2.18 ± 0.87 | 34.43 ± 14.4 | 13.24 ± 6.68 | 15.18 ± 11.05 | 4.39 ± 1.27 |
| DS 11:00 | | | | | | |
| 14:00 | 81.83 ± 67.63 | 6.26 ± 3.89 | 33.62 ± 8.05 | 8.68 ± .07 | 16.99 ± 1.55 | 13.38 ± 14.87 |
| 17:00 | 21.15 ± 9.86 | 10.20 ± 3.78 | 22.03 ± 10.44 | 11.30 ± 0.94 | 19.02 ± 8.13 | 8.88 ± 2.55 |
| Ce a 90 | 43.91 ± 16.56 | 19.15 ± 5.33 | 36.61 ± 9.07 | 23.42 ± 12.57 | 44.37 ± 6.78 | 28.57 ± 7.10 |
| DS 08:00 | | | | | | |
| 11:00 | 36.92 ± 26.20 | 7.18 ± 3.69 | 25.65 ± 4.43 | 7.48 ± 7.04 | 37.73 ± 7.03 | 10.07 ± 4.38 |
| 14:00 | 26.97 ± 12.95 | 5.81 ± 2.68 | 30.73 ± 11.46 | 3.80 ± 2.36 | 22.53 ± 7.69 | 9.74 ± 6.12 |
| 17:00 | 20.67 ± 6.71 | 7.35 ± 2.63 | 25.54 ± 6.26 | 8.56 ± 3.07 | 22.36 ± 8.05 | 11.19 ± 3.89 |
| CRA 8:00 | | | | | | |
| 9 ± 5.48 | 85 ± 5.16 | 89 ± 55.41 | 80 ± 0.22 | 91 ± 28.91 | 83 ± 30.53 | |
| 12:00 | 80 ± 3.7 | 79 ± 1.2 | 74 ± 44.6 | 74 ± 1.7 | 69 ± 24.4 | 67 ± 24.9 |
| 16:00 | 77 ± 6.45 | 81 ± 0.97 | 76 ± 52.08 | 68 ± 3.87 | 78 ± 38.05 | 80 ± 28.7 |
| B 30 DS | 1.24 ± 0.51 | 1.16 ± 0.40 | 1.15 ± 0.35 | 1.19 ± 0.22 | 1.22 ± 0.23 | 1.20 ± 0.44 |
| B 60 DS | 1.52 ± 0.63 | 0.91 ± 0.40 | 1.52 ± 0.77 | 0.96 ± 0.29 | 1.52 ± 0.56 | 1.09 ± 0.42 |
| Psr 30 DS | 0.59 ± 0.33 | 0.55 ± 0.26 | 0.51 ± 0.22 | 0.47 ± 0.19 | 0.50 ± 0.12 | 0.57 ± 0.31 |
| Psr 60 DS | 0.67 ± 0.29 | 0.46 ± 0.20 | 0.70 ± 0.38 | 0.50 ± 0.17 | 0.72 ± 0.33 | 0.54 ± 0.24 |
| V/R 30 DS | 0.89 ± 0.37 | 1.315 ± 0.29 | 1.385 ± 0.47 | 1.215 ± 0.42 | 1.3975 ± 0.40 | 1.045 ± 0.28 |
| V/R 60 DS | 1.31 ± 0.042 | 1.02 ± 0.109 | 1.25 ± 0.326 | 0.86 ± 0.493 | 1.16 ± 0.380 | 1.21 ± 0.414 |
| RAF 30 DS | 43.96 ± 13.92 | 46.93 ± 5.82 | 45.98 ± 10.07 | 41.81 ± 12.54 | 46.21 ± 6.87 | 45.93 ± 11.87 |
| RAF 60 DS | 41.76 ± 9.64 | 38.48 ± 8.93 | 39.42 ± 13.37 | 36.52 ± 9.63 | 49.16 ± 26.88 | 32.31 ± 7.06 |
| AF 30 DS | 52.54 ± 21.06 | 47.60 ± 11.45 | 50.36 ± 4.54 | 48.29 ± 8.32 | 56.03 ± 12.48 | 52.42 ± 12.70 |
| AF 60 DS | 63.89 ± 30.86 | 35.95 ± 19.91 | 62.80 ± 25.85 | 30.60 ± 10.17 | 57.21 ± 23.01 | 38.01 ± 13.15 |

Tabla 4: Resumen de resultados de las variables evaluadas en *Quercus rugosa*

6.1.1 Conductancia

En la figura 6 se muestra la conductancia en ciclo diurno a 30 DS en plántulas de *Q. rugosa*, se pueden apreciar valores mayores de los tratamientos en riego en las diferentes horas de evaluación de tal forma que a las 11 hrs. se expresaron diferencias significativas (tala 5), en la irrigación ($p= 8.76E-08$), en cuanto a la aplicación de picomódulos ($p= 0.0006$), y en la interacción ($p= 4.41E-05$) con valores significativamente más altos de las plántulas en el testigo (riego sin picomódulos o R-T) con respecto del resto de los tratamientos tanto en riego como en sequía; a su vez plántulas de R-PP registraron diferencias significativas con el resto.

Así mismo, se aprecian a las 14:00 hrs. diferencias significativas en la irrigación ($p= 0.003$) y en la interacción ($p= 0.03$), registrando valores significativamente mayores R-T con respecto del resto de los tratamientos excepto con R-PP. En tanto a las 17:00 hrs. se registraron diferencias significativas en la irrigación ($p= 0.0003$), con valores mayores en plántulas de R-T y R-PP. con respecto de S-PC.%

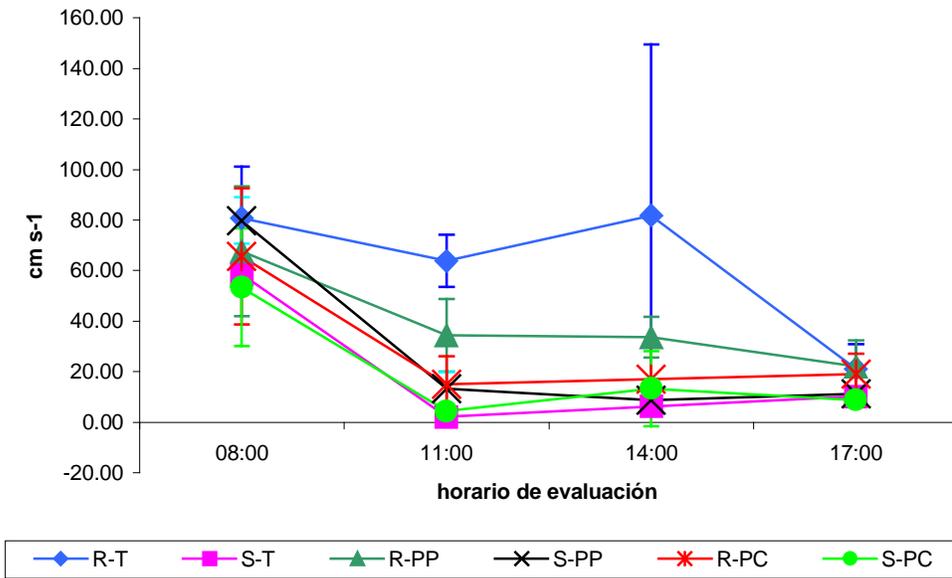


Figura 6: Conductancia estomática en ciclo diurno de plántulas de *Quercus rugosa* a 30 DS; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequía (S); sin picomódulos ó testigo (T) ; picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC). Las barras indican desviación estándar.

| | S-T | R-PP. | S-PP. | R-PC | S-PC |
|-------|------------------|--------|------------------|------------------|------------------|
| R-T | 11:00+ 14:00* | 11:00* | 11:00+ 14:00* | 11:00+ 14:00* | 11:00+ 14:00* |
| R-PP. | 11:00* | -- | 11:00* | 11:00* | 11:00* 17:00+ |

Tabla 5: Resumen de horas a las cuales existieron diferencias significativas ($*\alpha=0.05$, $+\alpha 0.08$) de conductancia a 30 DS

En la figura 7 se aprecian los valores de conductancia de plántulas de *Q. rugosa* a 60 DS donde se visualiza una separación clara entre los tratamientos en riego y los tratamientos en sequía. A las 8:00 se registraron valores de conductancia con diferencias significativas (tabla 6) en la irrigación ($p=7.75E-05$), siendo significativamente mayor la conductancia foliar de plántulas en R-T y R-PC con respecto de plántulas en S-T y S-PP. A las 11:00 se registraron valores significativamente más altos en la irrigación ($p=5.07E-06$) registrándose valores significativamente mayores plántulas en R-T y R-PC con respecto de los tres tratamientos en sequía.

A las 14:00 horas se registraron diferencias significativas en irrigación ($p= 5.73E-07$) con valores significativamente mayores en los tratamientos en riego, con respecto a todos los tratamientos en sequía, excepto entre R-PC y S-PC.

A las 17:00 de igual forma se registraron valores significativamente diferentes en la irrigación ($p= 3.85E-07$) con valores mayores en todos los tratamientos en riego, con respecto a todos los de sequía, excepto entre R-T y S-PC.

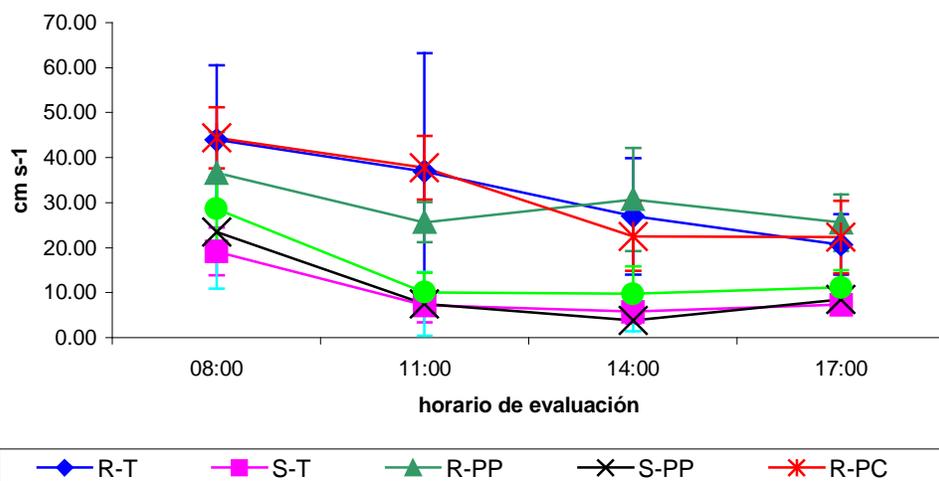


Figura 7: Conductancia estomática en ciclo diurno de plántulas de *Quercus rugosa* a 30 DS; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequía (S); sin picomódulos ó testigo (T) picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC). Las barras indican desviación estándar.

| | SSP | SPP | SPC |
|-----|-------|-------|-------|
| RSP | 08:00 | 08:00 | |
| | 11:00 | 11:00 | 11:00 |
| | 14:00 | 14:00 | 14:00 |
| | 17:00 | 17:00 | |
| RPP | 14:00 | 14:00 | 14:00 |
| | 17:00 | 17:00 | 17:00 |
| RPC | 08:00 | 08:00 | |
| | 11:00 | 11:00 | |
| | 14:00 | 14:00 | |
| | 17:00 | 17:00 | 17:00 |
| | | | |

Tabla 6: Resumen de horas a las cuales existieron diferencias significativas (α 0.05) de conductancia a 60 DS.

6.1.2 Contenido relativo de agua

No se registraron diferencias significativas de CRA a 60 DS, solamente una ligera tendencia de mayor CRA en plántulas en riego con respecto a las de sequía, registrándose los valores mas bajos al medio día como un posible efecto del incremento en la conductancia que se registra a esa hora.

6.1.3 Biomasa

En la figura 8 se observa la biomasa de *Q. rugosa* a 30 DS donde no se registraron diferencias significativas únicamente una tendencia a valores mayores en plántulas en riego. En tanto a 60 DS se encontraron diferencias significativas en la irrigación ($p=1.7E-06$) con valores mayores en el riego con respecto de los de sequía. Tales resultados podrían deberse a un decremento de la asimilación de CO_2 por el decremento en la conductancia estomática en plántulas de *Q. rugosa* bajo sequía a esto ha sido observado en *Quercus rubra* (Cavender-Bares *et al.* 2000); *Phaseolus vulgaris* (Costa *et al.*, 2000); y *Quercus ilex* (Peñuelas *op. cit.*).

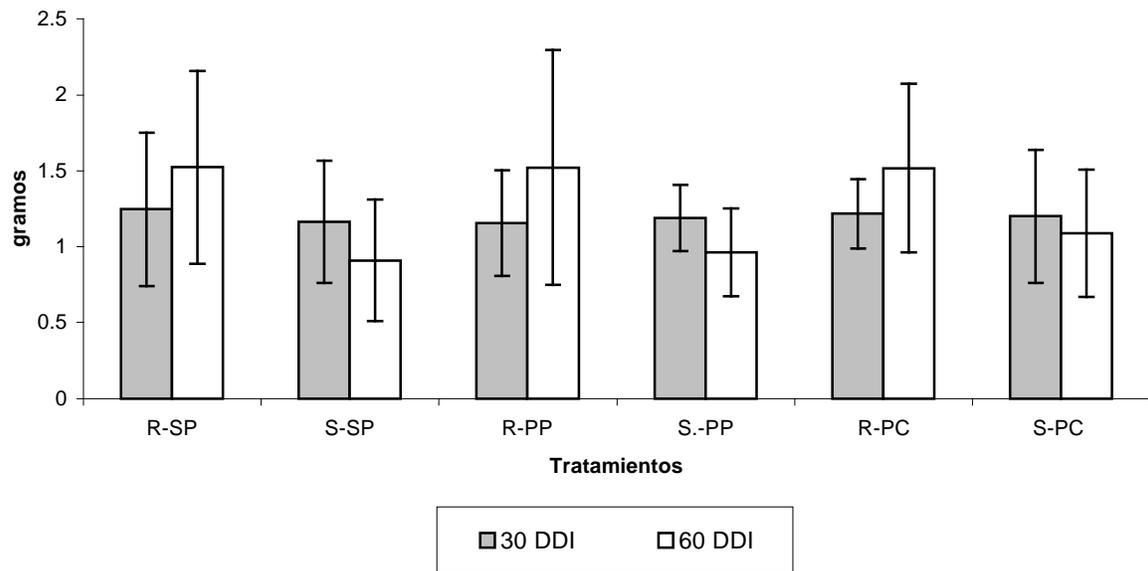


Figura 8. Biomasa de plántulas de *Quercus rugosa* a 30 DS; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequía (S); sin picomódulos ó testigo (T) picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC). Las barras indican desviación estándar.

La ausencia de un incremento significativo de biomasa en *Q. rugosa* ante la aplicación de picomódulos fúlvicos sugiere que estos no aumentaron de manera considerable la cantidad de nitrógeno en el suelo así como que la capacidad de intercambio catiónico no se incrementó lo suficiente para facilitar la disponibilidad de fosfatos en suelo. Estos resultados están acorde con respecto a la no obtención de mejoras en el rendimiento de grano de maíz *Zea mays* ante la adición de ácidos fúlvicos (Ayala *op. cit.*) sugiriendo que no existió un aporte significativo de nitrógeno dado que si se han reportado aumentos significativos de biomasa en plántulas de *Azadirachta indica* ante el aporte significativo de nitrógeno (Puri y Suamy *op. cit.*)

6.1.4 Peso seco de raíz

En la figura 9 se aprecia el peso seco de raíz de plántulas de *Q. rugosa* a 30 DS donde no se registraron diferencias significativas en el riego ni en cuanto a la aplicación de picomódulos. Mientras a 60 DS se registraron valores significativamente mayores ($p=0.0081$) como un efecto positivo del riego sobre el peso seco de raíz.

Aunado a que en sequía existe decremento en la conductancia estomática como una medida de evasión a la deshidratación y de ahorro de agua dicho mayor peso seco de raíz en el riego dada su mayor capacidad de absorción de agua, se vio reflejado en una mayor conductancia en plántulas de *Quercus rugosa* en riego (Figura 1, 2) y mayor biomasa (figura 3) con respecto a la sequía.

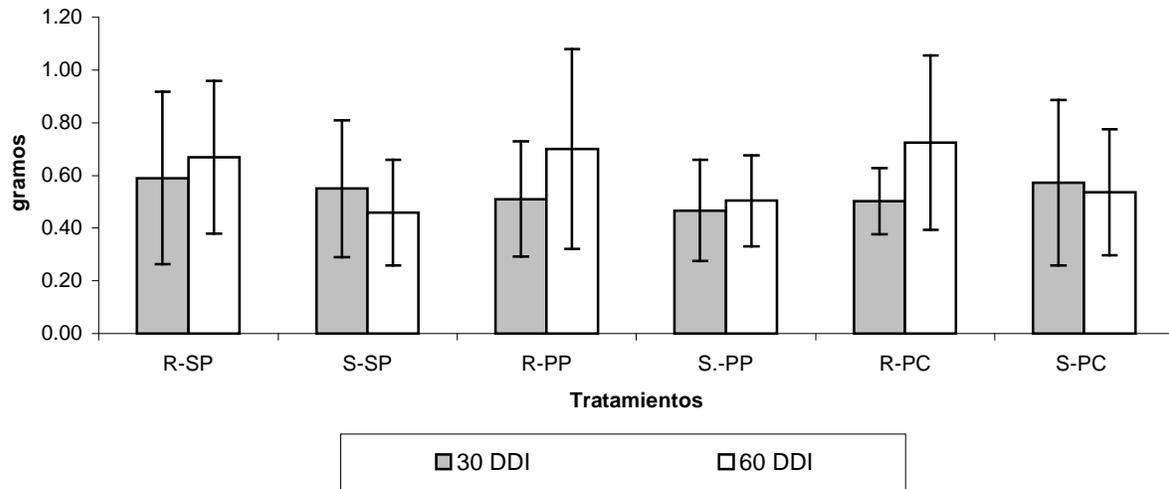


Figura 9 Peso seco de raíz de plántulas de *Quercus rugosa* a 30 DS; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequía (S); sin picomódulos ó testigo (T) picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC). Las barras indican desviación estándar.

6.1.5 Razón vástago/raíz

La figura 10 presenta la razón V/R de plántulas de *Quercus rugosa*. A 30 DS, se observan diferencias significativas (tabla 7) en la interacción ($p=0.059$), registrándose los valores más altos en las plántulas en R-PC y R-PP, seguidas por los tres tratamientos en sequía, y observándose los valores mas bajos y significativamente diferentes del resto en el riego sin picomódulos. A los 60 DS existen diferencias significativas (tabla 8) en la irrigación ($p=0.002$) con valores mayores de plántulas en RT y RPC sobre SPP; destacando el hecho de valores similares entre las plántulas S-PC y el total de las de riego.

En plántulas de *Q. rugosa* bajo sequía la razón V/R se vio decrementada debido a una mayor distribución de recursos a la raíz; ello obedece a la maximización en la toma de agua lo cual concordó con el decremento de la razón V/R de varias especies de árboles bajo estrés hídrico, a través de una mayor asignación de biomasa a las raíces. (Leuchsner, 2001).

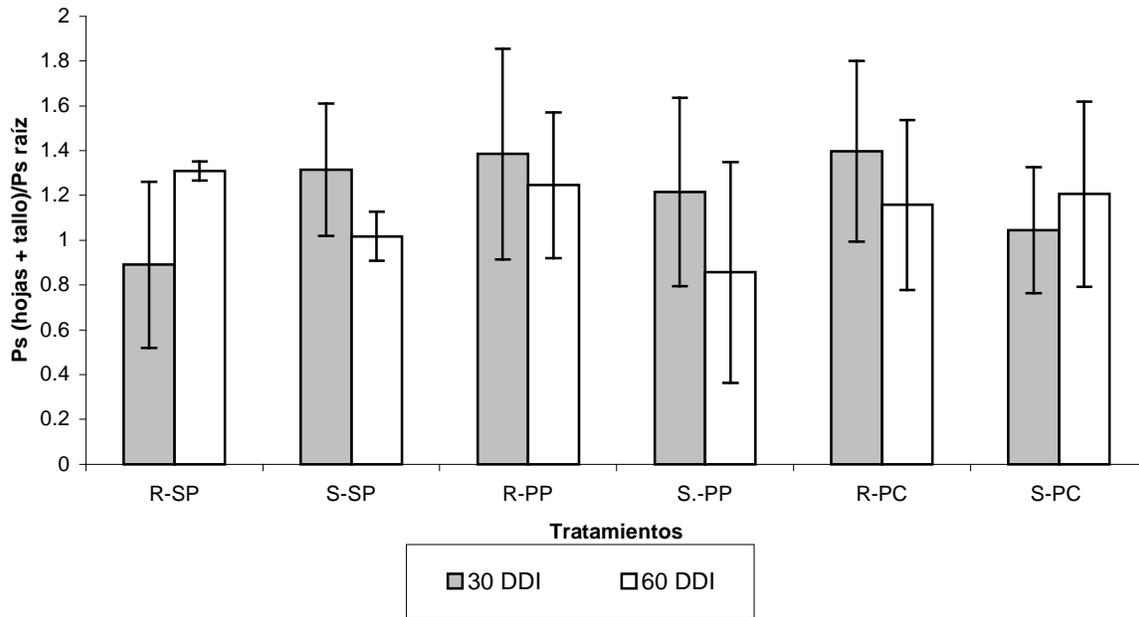


Figura 10 razón V/R de plántulas de *Quercus rugosa* a 30 DS; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequía (S); sin picomódulos ó testigo (T) picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC). Las barras indican desviación estándar.

| | | | | | | |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|
| | R-T | S-T | R-PP. | S-PP. | R-PC | S-PC |
| | 1.307407 | 1.202500 | 1.245417 | 1.016667 | 1.205789 | 0.8566667 |
| R-T | | NS | NS | NS | NS | * |

Tabla 7: Prueba de Tukey α 0.05:V/R a 30 DS

| | | | | | | |
|------|----------|------------|------------|-------------------|------------|------------|
| | R-T | S-T | R-PP | s-PP | R-PC | S-PC |
| | 1.307407 | 1.016667 | 1.245417 | .8566667 | 1.202500 | 1.205789 |
| R-T | | 0.32605964 | 0.99418169 | 0.02064788 | 0.92383999 | 0.96796238 |
| S-T | | | 0.60129404 | 0.87488002 | 0.78716648 | 0.77438557 |
| R-PP | | | | 0.07282847 | 0.9989925 | 0.99961317 |
| S-PP | | | | | 0.15171272 | 0.14401674 |
| R-PC | | | | | | 1 |

Tabla 8. prueba de Tukey:V/R a 60 DS α 0.05

6.1.6 Razón de área foliar

En la figura 11 se observa la RAF de plántulas de *Q. rugosa*. A 30 DS, no hay diferencias significativas observándose solo una tendencia a valores mas altos en las plántulas en sequía con picomódulos comprimidos y en polvo. A los 90 DS se manifiesta diferencia significativa en cuanto a la Irrigación $p=0.0061$, registrando valores ligeramente mayores las plántulas en RPC con respecto de SPC.

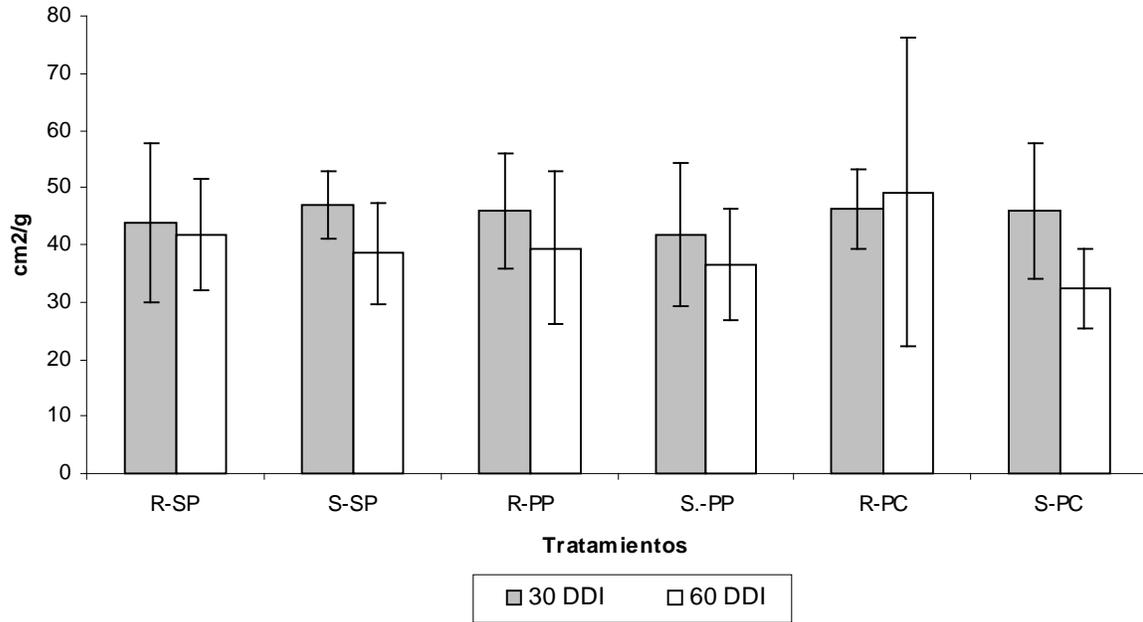


Figura 11 RAF de plántulas de *Quercus rugosa* a 30 DS; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequí a (S); sin picomódulos ó testigo (T) picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC). Las barras indican desviación estándar.

6.1.7 Área foliar

En la figura 12 se presenta el área foliar de plántulas de *Q. rugosa*. A 30 DS no existen diferencias significativas en donde solo se registra una ligera tendencia a mayor área foliar en plántulas de todos los tratamientos en riego con respecto de todos los tratamientos en sequí a. A 60 DS existe diferencia significativa (Tabla 9) en la irrigación ($p=1.2E-08$) registrando menor área foliar las plántulas en sequí a.

Dicha disminución de área foliar en plántulas de *Quercus rugosa* se interpreta como una estrategia a fin de evitar la pérdida de agua, por tanto se entendería a que una menor área foliar implica menor área transpiratoria y por ende un mejor estado de hidratación cuyo indicador en este caso sería el CRA (cuadro 1) que no arrojó diferencia entre riego y sequí a. Como complemento a lo anterior Fotelli et al. 2000 reportan para el caso de *Q. ilex* que una menor área foliar es una adaptación a sitios semidesérticos.

En otros estudios se ha encontrado que la extensión celular es altamente sensible al déficit hídrico (Leuchsner 2001).

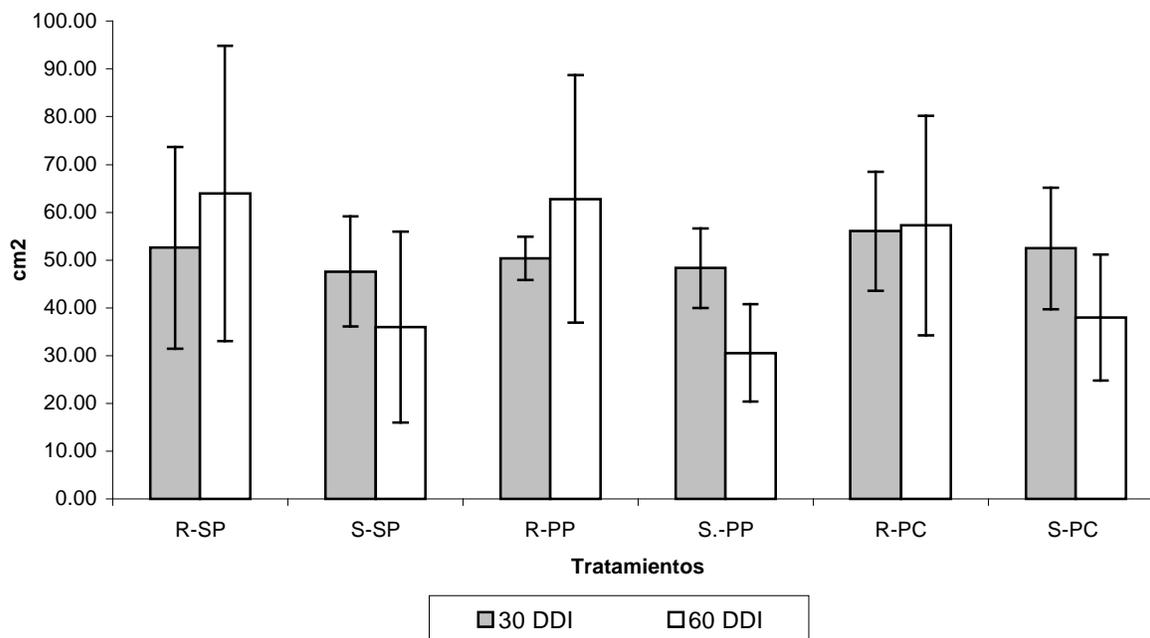


Figura 12 área foliar de plántulas de *Quercus rugosa* a 30 DS; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequía (S); sin picomódulos ó testigo (T) picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC). Las barras indican desviación estándar.

| | R-T | S-T | R-PP. | S-PP. | R-PC | S-PC |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 63.89 | 35.95 | 62.79 | 30.59 | 57.20 | 38.01 |
| R-T | | * | NS | * | NS | * |
| S-T | | | * | NS | NS | NS |
| R-PP. | | | | * | NS | * |
| S-PP. | | | | | * | NS |
| R-PC | | | | | | NS |

Tabla 9: Prueba de Tukey de Área foliar a 60 DS α 0.05.

6.1.8 Raíces finas

En la figura 13 muestra el desarrollo de raíces finas de plántulas de *Q. rugosa*. A los 30 DS registro un mayor desarrollo de raíces finas en las plántulas en sequía sin picomódulos y un menor desarrollo del resto en plántulas en sequía con picomódulos en pastilla. A 60 DS existe una tendencia de un mayor desarrollo de raíces finas en los tratamientos en riego, siendo similares únicamente las desarrolladas en plántulas en sequía con picomódulos en pastilla.

En *Q. rugosa* en sequía se desarrolló una densidad de raíces finas menor al riego sin embargo con la aplicación de picomódulos comprimidos registró una ligera tendencia de mayor desarrollo de raíces finas como resultado de la disponibilidad de nutrientes. López y Gonzáles (2001) señalan que la proliferación de raíces finas está fuertemente influenciada por la disponibilidad de nutrientes minerales. En algunas especies de *Quercus* se han examinado los siguientes aspectos. En *Q. ilex* la sequía más acentuada de la parte más superficial restringe la proliferación de raíces finas (López y Gracia, 2001).

En *Quercus dysophylla* bajo sequía parcial, existe mayor desarrollo de raíces finas en la zona irrigada ya que las especies tienden a concentrar una mayor densidad de raíces en las zonas donde existe mayor disponibilidad de humedad (Fort *et al.* 1997). Otras especies como *Q. petrea* responden a la sequía con un desarrollo prácticamente nulo de raíces finas debido a que es una especie menos sensible (mas tolerante) ante el déficit hídrico (Leuchsner 2001).

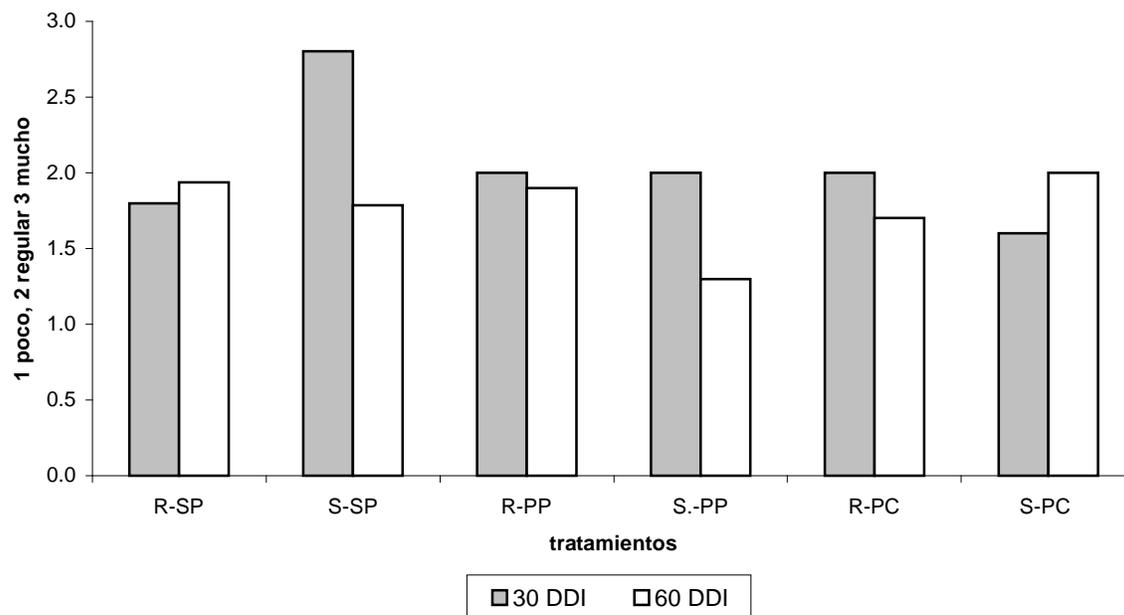


Figura 13 raíces finas de plántulas de *Quercus rugosa* a 30 DS; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequía (S); sin picomódulos ó testigo (T) picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC).

6.1.9 Consumo de bellota

La figura 14 muestra el consumo de bellota de plántulas de *Q. rugosa*. A los 30 DS se percibe una tendencia a un mayor consumo de bellota, en plántulas en sequía; es de resaltar el hecho de un consumo menor en plántulas en sequía con picomódulos en pastilla con respecto a los otros en sequía, registrando estas un consumo similar a las plántulas en riego. Los valores más altos de consumo de bellota a 60 DS se registraron en plántulas en sequía, en tanto que las plántulas en riego, registraron valores mas bajos de consumo, al igual que las que se encontraban en sequía sin picomódulos. El consumo de bellota prácticamente total tanto en riego como en sequía pone de manifiesto la importancia de la bellota como una fuente de nutrientes en la fase de plántulas. Estos resultados concuerdan con lo reportado por Bonfil (1998) quién registro gran afectación en *Quercus rugosa* y *Quercus laurina* por la remoción del cotiledón un mes después de la emergencia de la plántula, de la misma manera Quingkang (2002). manifiesta la importancia del cotiledón en los primeros estadios de desarrollo y sobrevivencia de plántulas de *Quercus liatoungensis* especialmente frente a condiciones desfavorables. Figura 14: Consumo de bellota de plántulas de *Quercus rugosa* a 30 DS; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequía (S); sin picomódulos ó testigo (T) picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC). Las barras indican desviación estándar.

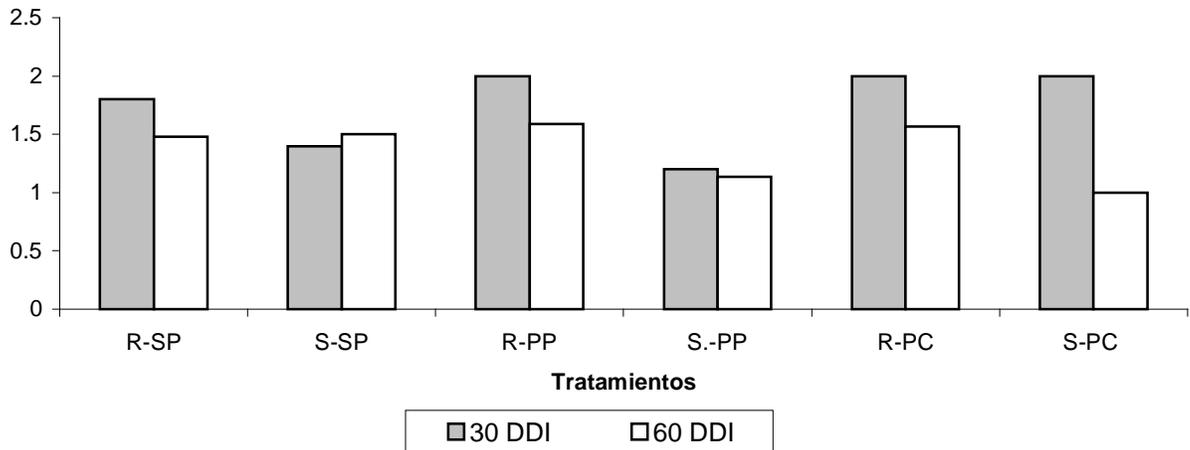


Figura 14: consumo de bellota; con dos niveles de Irrigación, en riego (R) y sequía (S); sin picomódulos ó testigo (T) picomódulos en polvo (PP), y con picomódulos comprimidos (PC).

6.1.10 Ideotipo

La figura 15 muestra el ideotipo de *Q. rugosa*; así mismo se muestra a los tratamientos en sequía entre los cuales destaca aquel con picomódulos comprimidos (S-PC) con valores de CRA, y conductancia cercanos al ideotipo, así como su Área foliar, RAF, Razón V/R y sus raíces finas esto como un efecto positivo de la aplicación de picomódulos comprimidos de liberación controlada que propiciaron los nutrientes necesarios, puesto que se ha reportado que su asimilación se ve afectada en sequía (Goicoechea *et al.* 1997).

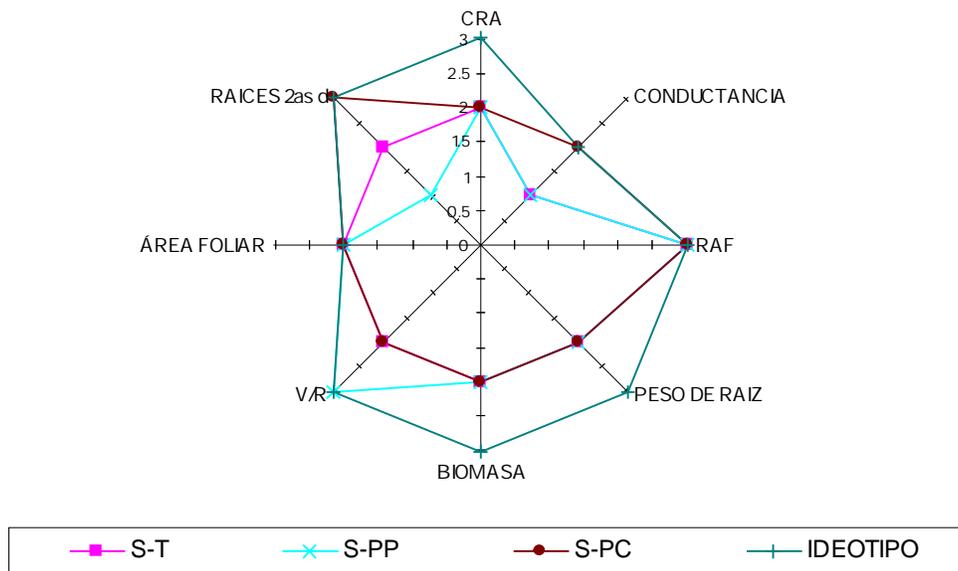


Figura 15: Ideotipo de plántulas de *Quercus rugosa* en sequía 60 DS; Testigo T, con picomódulos en polvo PP, y con picomódulos comprimidos PC, en dos niveles de Irrigación riego R y sequía S.

6.2 Respuestas fisiológicas y morfométricas de plántulas de *Quercus dysophylla* sometidas a estrés hídrico, con diferentes sustratos y aireación del sustrato.

| | | | | | | | | |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Ce 30 DS | 27.09± | 32.49 ± | 19.05 ± | 20.09 ± | 28.35± | 29.02± | 25.07± | 20.52± |
| 8:00 | 10.75 | 3.65 | 9.07 | 8.41 | 2.34 | 6.41 | 21.87 | 15.50 |
| 11:00 | 50.36±18.55 | 39.84± 9.26 | 48.68±20.28 | 52.96±20.93 | 73.48±30.08 | 47.38 ± 8.05 | 54.58 ± 4.53 | 57.97±19.66 |
| 14:00 | 58.66±34.56 | 46.66±15.19 | 63.23±25.07 | 49.06± 4.37 | 55.06± 7.45 | 40.00±23.05 | 60.11± 9.06 | 61.02±11.06 |
| 17:00 | 84.46±31.77 | 61.11±48.00 | 70.36±26.46 | 55.46±14.94 | 84.08±17.79 | 54.71±40.09 | 63.84±28.54 | 59.28±19.05 |
| Ce 90 DS | | | | | | | | |
| 8:00 | 62.47±15.60 | 30.58±14.15 | 61.54±16.21 | 47.25± 8.14 | 43.89 ± 7.03 | 41.48±11.66 | 55.86± 3.44 | 55.55±14.41 |
| 11:00 | 50.36±33.58 | 39.84±38.07 | 48.68±72.03 | 52.96±14.50 | 73.48±22.19 | 47.38± 4.42 | 54.58±35.53 | 57.97± 4.11 |
| 14:00 | 184.29± | 115.17± | 177.82± | 113.31± | 210.16± | 113.55± | 151.51± | 202.80± |
| | 75.63 | 51.03 | 50.24 | 65.09 | 69.42 | 36.49 | 24.55 | 28.42 |
| 17:00 | 35.02±15.81 | 27.69± 7.41 | 35.21± 6.47 | 41.32±20.11 | 32.36±12.24 | 35.09±12.17 | 39.91±19.69 | 44.65±15.62 |
| Ψ 45 DS | -3.64 ± 0.54 | -5.47 ± 0.06 | -4.58 ± 1.59 | -4.67 ± 0.24 | -3.31 ± 1.00 | -3.60 ± 0.84 | -4.49 ± 0.58 | -5.47 ± 0.52 |
| 90 DS | -4.31 ± 0.43 | -4.62 ± 0.95 | -3.96 ± 0.41 | -5.00 ± 0.09 | -3.64 ± 1.00 | -4.40 ± 0.74 | -3.07 ± 0.13 | -4.09 ± 0.34 |
| CRA 45 DS | | | | | | | | |
| 8:00 | 90.42± 2.42 | 76.77± 3.44 | 75.08±25.22 | 77.16± 7.24 | 83.39± 2.96 | 79.27± 3.85 | 73.24±12.43 | 76.86± 6.91 |
| 12:00 | 70.83 ± 7.84 | 73.70±12.49 | 75.93 ± 4.34 | 78.12 ± 2.40 | 83.40 ± 4.76 | 78.23 ± 4.24 | 89.93 ± 5.44 | 83.04 ± 4.88 |
| 16:00 | 77.21±10.49 | 73.15± 2.71 | 81.69± 7.27 | 70.61±11.09 | 66.54± 5.44 | 86.29± 6.99 | 77.87± 7.98 | 84.73± 3.54 |
| CRA a 90 | | | | | | | | |
| DS 8:00 | 76.83±10.14 | 71.35± 6.46 | 86.80±13.42 | 73.17± 0.00 | 71.81± 8.01 | 77.59 ± 9.17 | 76.51±11.71 | 75.27±10.01 |
| 12:00 | 85.95±10.28 | 78.87± 0.27 | 77.60± 4.48 | 87.10 ± 0.00 | 85.30 ± 6.55 | 83.52 ± 2.57 | 77.00 ± 1.62 | 73.60 ± 2.26 |
| 16:00 | 82.94±11.99 | 81.36± 7.40 | 76.07± 7.40 | 73.02± 0.00 | 79.84± 3.00 | 77.50±10.40 | 73.11± 9.37 | 79.42±10.57 |
| B 45 DS | 0.56 ± 0.13 | 0.60 ± 0.11 | 0.50 ± 0.12 | 0.52 ± 0.05 | 0.29 ± 0.09 | 0.35 ± 0.11 | 0.43 ± 0.24 | 0.38 ± 0.12 |
| B 90 DS | 1.83 ± 0.19 | 1.38 ± 0.26 | 1.29 ± 0.44 | 0.81± 0.40 | 1.34 ± 0.21 | 0.79 ± 0.37 | 1.14 ± 0.20 | 1.01± 0.64 |
| Psr 45 DS | 0.18 ± 0.057 | 0.19 ± 0.065 | 0.17 ± 0.083 | 0.18 ± 0.057 | 0.11± 0.023 | 0.15 ± 0.080 | 0.11 ± 0.040 | 0.13 ± 0.104 |
| Psr 90 DS | 0.91± 0.17 | 0.68 ± 0.25 | 0.74 ± 0.22 | 0.33 ± 0.11 | 0.83 ± 0.19 | 0.40 ± 0.08 | 0.74 ± 0.28 | 0.59 ± 0.40 |
| V/R 45 DS | 2.13 ± 0.35 | 2.19 ± 0.52 | 2.32 ± 1.14 | 2.01± 0.78 | 1.51 ± 0.28 | 1.58 ± 0.76 | 2.66 ± 0.69 | 2.62 ± 1.40 |
| V/R 90 DS | 1.07 ± 0.41 | 1.13 ± 0.41 | 0.74 ± 0.20 | 1.38 ± 0.40 | 0.63 ± 0.13 | 0.92 ± 0.51 | 0.61 ± 0.29 | 0.75 ± 0.16 |
| RAF 45 DS | 61.76 ± 4.69 | 82.44 ± 6.07 | 87.21±17.96 | 68.09±23.41 | 66.83 ± 8.09 | 58.46 ± 8.17 | 68.6 ± 29.24 | 72.5 ± 36.26 |
| RAF 90 DS | 45 ± 9.59 | 44 ± 9.02 | 46 ± 26.99 | 54 ± 3.83 | 37 ± 7.87 | 41 ± 3.71 | 36 ± 8.90 | 41 ± 7.35 |
| AF 45 DS | 32.60 ± 5.71 | 48.64 ± 5.86 | 42.61± 6.52 | 34.97± 9.48 | 18.83 ± 3.75 | 19.81 ± 3.79 | 25.14 ± 1.00 | 24.46 ± 6.64 |
| AF 90 DS | 81.82±20.15 | 60.06 ± 9.69 | 55.77±26.75 | 27.29 ± 0.00 | 49.12 ± 7.99 | 31.33±11.59 | 41.23±11.54 | 41.10±24.02 |

Tabla 10. Promedio de las variables evaluadas en plántulas de *Q. dysophylla* con dos sustratos, en riego o en seqü a, y con tubo de aireación.

6.2.1 Conductancia

Los valores de conductancia estomática en plántulas de *Quercus dysophylla* 45 DS no muestran diferencias significativas. La figura 16, muestra los valores de conductancia de plántulas de *Q. dysophylla* a los 90 DS. A las 12:00 horas se registraron diferencias significativas (tabla 11) de conductancia en la irrigación ($p= 0.058$), así como en la interacción entre el sustrato (Stto.) y la irrigación (I), con una ($p= 0.020$) registrando valores significativamente más bajos las plántulas con tierra roja-sequí a, con respecto de plántulas en riego con tierra roja como sustrato y en sequí a con tierra roja- hojarasca. Una menor conductancia estomática en *Quercus dysophylla* es una estrategia de evasión a la sequí a esta estrategia de evasión a la sequí a ha sido reportada en sorgo (Arriaga 1985).

| | TR-R | TR-S | TRH-R | TRH-S |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| PROMEDIO | 1678.884 | 708.0640 | 1374.432 | 1486.600 |
| TR-R | | * | NS | NS |
| TR-S | | | NS | * |
| TRH-R | | | | NS |

Tabla 11: Prueba de Tukey: conductancia a 90 DS Interacción Sustrato-Irrigación α 0.05.

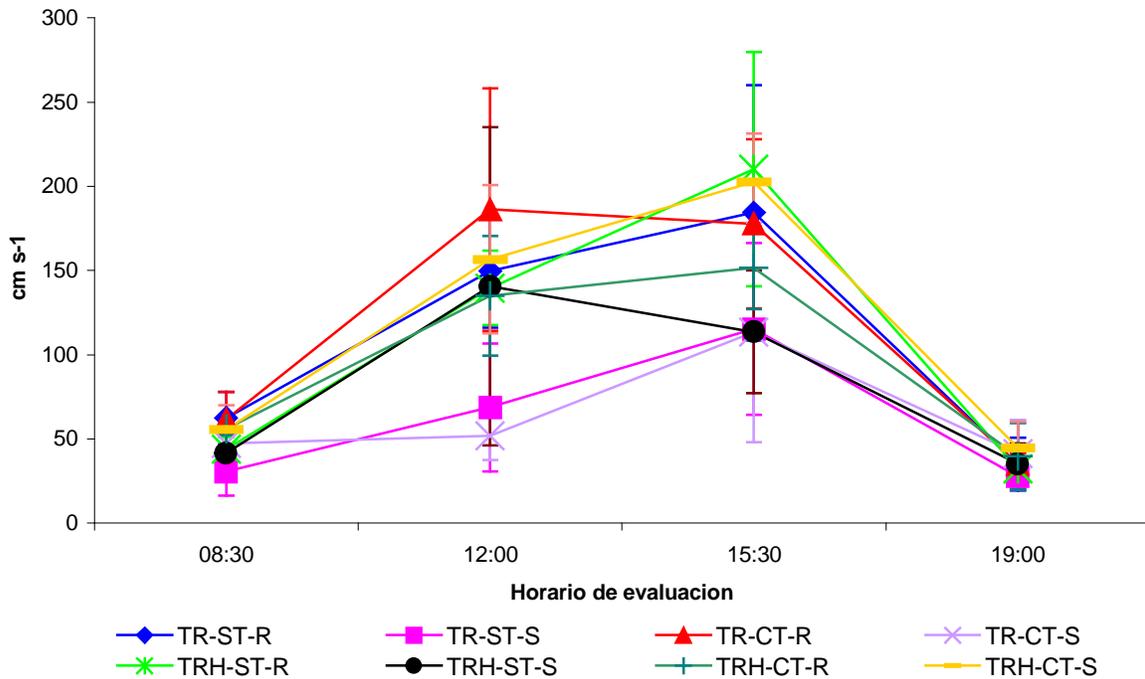


Figura 16 conductancia estomática de plántulas de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja (TR) y tierra roja:hojarasca 2:1 (TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato (CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y séqui (S); las barras indican desviación estándar.

6.2.2 Potencial hídrico

En la figura 17 se aprecia el potencial hídrico de la hoja de plántulas de *Q. dysophylla*. A los 45 DS se registraron diferencias significativas en cuanto al sustrato ($p=0.056$), registrando valores más negativos en séqui; de igual forma, se registraron diferencias significativas en cuanto a la presencia de tubo de aireación ($p=0.056$) con valores menores en plántulas con tubo de aireación en cuanto a la interacción se registraron diferencias significativas entre el Tubo de aireación y el sustrato ($p=0.077$) Con valores más negativos en plántulas con Tierra roja hojarasca y con tubo de aireación. A los 90 DS existe diferencia significativa en cuanto a la irrigación ($p=0.009$), como en cuanto a sustrato ($P=0.021$) registrándose valores más negativos en plántulas en séqui con respecto de las de riego, así como valores menores en plántulas con tierra roja como sustrato.

En *Quercus dysophylla* con tierra roja más hojarasca como sustrato, un potencial hídrico menor tanto en riego como en sequía es debido a una mayor capacidad de retención de humedad. A este respecto se ha citado que un decremento del potencial hídrico permite el ascenso del agua ante una menor disponibilidad de esta (Donovan *op. cit.*).

Por otra parte un menor (mas negativo) potencial hídrico de la hoja permitió tener CRA sin diferencias significativas entre riego y sequía y entre sustratos similar a lo citado acerca de que un potencial hídrico más negativo permite seguir teniendo un CRA alto en *Quercus ilex* (Nardini *op. cit.*).

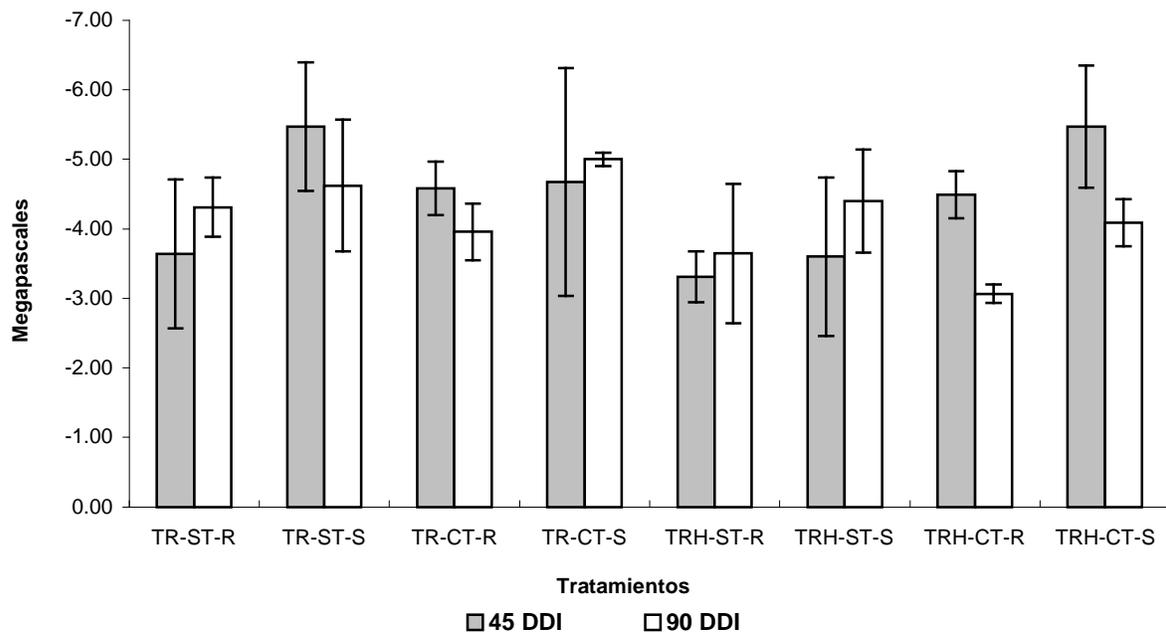


Figura 17 Potencial hídrico de plántulas de *Quercus dysophylla* a 45, 90 DS; Con dos sustratos tierra roja (TR) y tierra roja:hojarasca 2:1 (TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato (CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y sequía (S); las barras indican desviación estándar.

6.2.3 Contenido relativo de agua

La figura 18 muestra los valores de CRA de plántulas de *Q. dysophylla* a 45 DS; a las 8:00 am. se observa una ligera tendencia de valores más altos en plántulas en riego. A las 12:00 horas existe diferencia significativa en el sustrato ($p= 0.0036$) registrándose los valores más altos en plántulas con tierra roja sola como sustrato, con α de 0.08 se observan diferencias significativas en cuanto a la presencia o no de tubo ($p= 0.06$), registrándose los valores más altos en plántulas con tubo independientemente del riego e incluso del sustrato, donde plántulas en riego, tierra roja como sustrato y sin tubo registraron valores significativamente menores con respecto de las de riego, tierra roja hojarasca como sustrato y con tubo. A las 17:00 horas existe diferencia significativa $\alpha= 0.08$ en la interacción entre el sustrato y la irrigación ($p= 0.003$), registrándose los valores

más altos en plántulas TRH-ST-S y los mas bajos en plántulas en TRH-ST-R . A 90 DS no existen diferencias significativas.

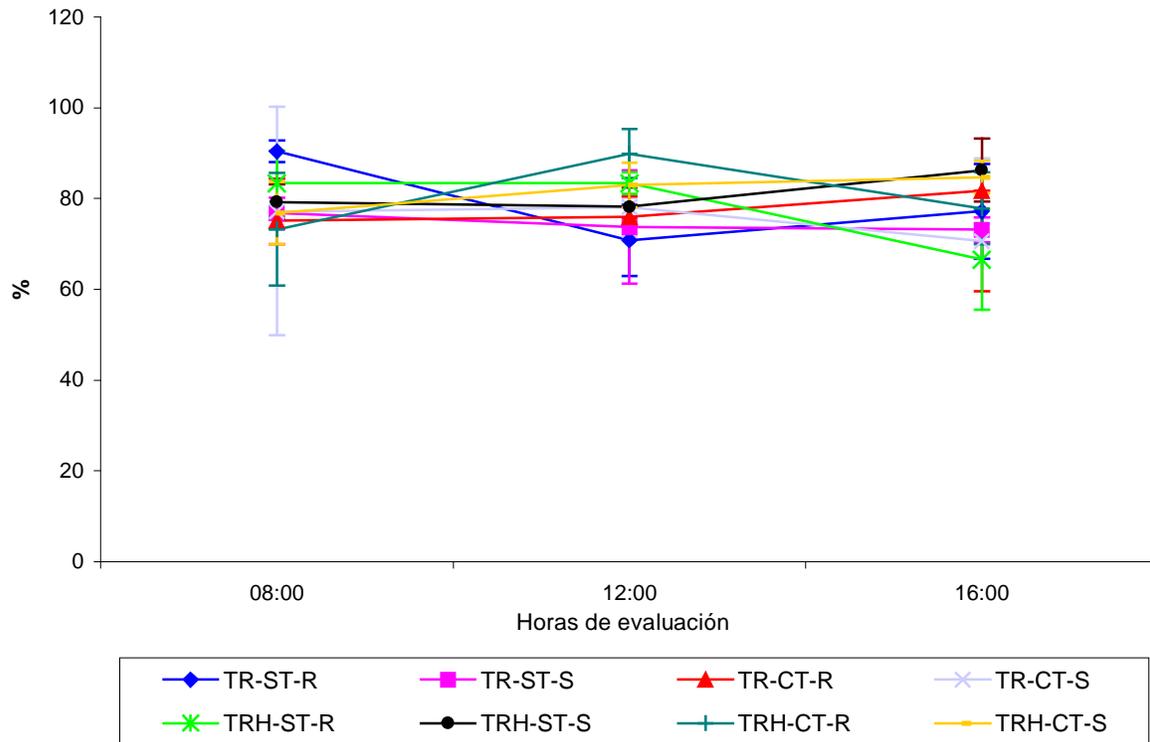


Figura 18 CRA de plántulas de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja (TR) y tierra roja:hojarasca 2:1 (TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato (CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y sequía (S); las barras indican desviación estándar.

6.2.4 Biomasa

En la figura 19 se presenta la biomasa de plántulas de *Q. dysophylla*. A los 45 DS existe diferencia significativa de biomasa en cuanto al sustrato ($p=0.003$), registrando valores más altos en plántulas con tierra roja, particularmente en el riego con tubo de aireación. A 60 DS Existe diferencia significativa en cuanto a la irrigación ($p=0.019$), observándose valores mayores en plántulas en riego, así como una tendencia a valores mas altos con tierra roja como sustrato, así como en plántulas sin tubo con respecto de las de tubo.

Aún cuando los valores de conductancia fueron similares en las diferentes evaluaciones en *Q. dysophylla* el efecto acumulativo de la sequía se vio reflejada en menor producción de biomasa en este sentido se menciona que cuando la deshidratación del suelo ocurre, la toma de nutrientes decremento porque la transpiración es reducida (Goicoechea 1997).

El tubo de aireación no arrojó menor biomasa con respecto a la ausencia de tubo quizás debido a que el sistema utilizado no incrementó la superficie de aireación lo suficiente. A este respecto una mayor biomasa en *Ficus benjamina* con diferentes

sistemas de aireación particularmente con un contenedor con poliestireno colocado de forma transversal disminuyo en un 40% el volumen e incrementó en un 57 % el área superficial así como con tres tubos colocados verticalmente, disminuyeron en un 40 % el volumen e incrementaron en un 60% el área superficial. (Birán y Eliasa, 1980).

Con hojarasca la biomasa fue menor que sin hojarasca, esto pudo estar dado por una baja previa a los tratamientos por un exceso de humedad edáfica y la manifestación de necrosis foliar.

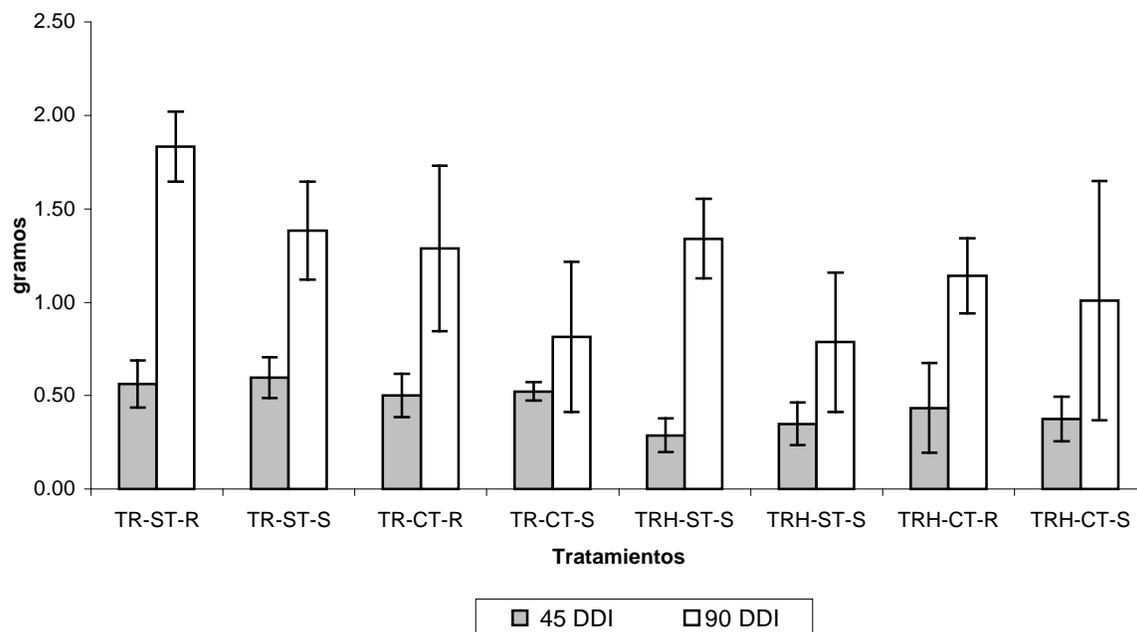


Figura 19 Biomasa de plántulas de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja(TR) y tierra roja:hojarasca 2:1(TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato(CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y sequía (S); las barras indican desviación estándar.

6.2.5 Peso seco de raíz

En la figura 20 se aprecia el peso seco de raíz de plántulas de *Q. dysophylla*. A 45 DS existe diferencia significativa en la irrigación ($P= 0.065$). a 90 DS existen diferencias significativas en la irrigación ($P= 0.008$) con valores mayores en el riego. Esto pudo estar influido por la mayor cantidad de biomasa producida por las plántulas en riego.

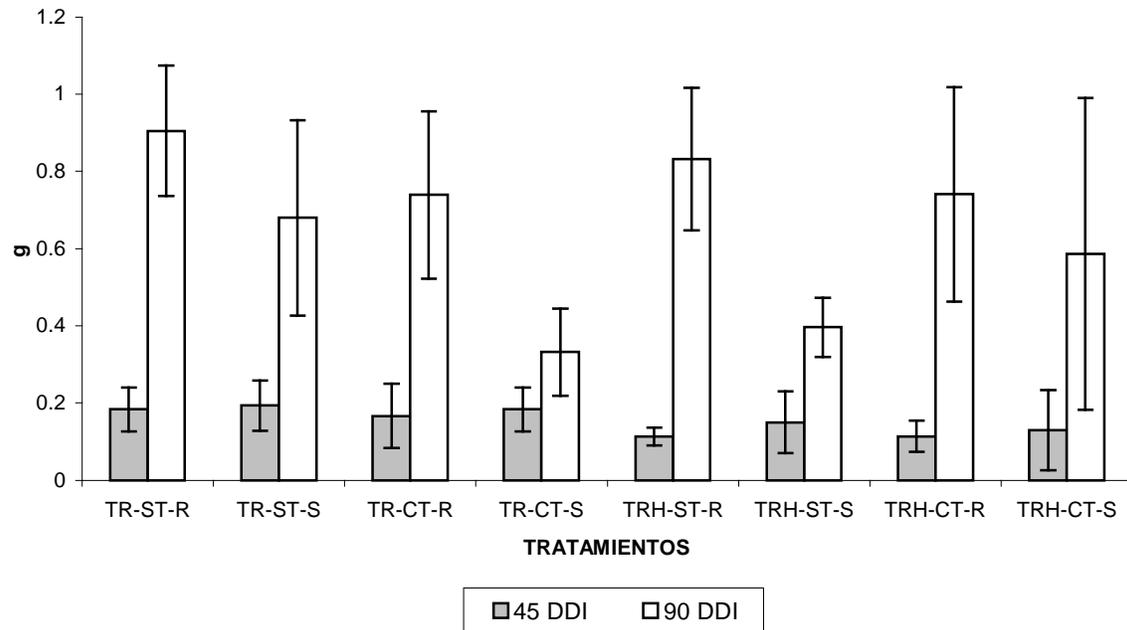


Figura 20 peso seco de raíz de plántulas de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja (TR) y tierra roja:hojarasca 2:1 (TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato (CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y sequía (S); las barras indican desviación estándar.

6.2. 6 Razón vástago/raíz

La figura 21 muestra los valores de la razón V/R de plántulas de *Quercus dysophylla*. A 45 DS se observa una tendencia de valores mayores en plántulas con tierra roja como sustrato. A 90 DS dicha tendencia se acentúa y existen diferencias significativas en cuanto al sustrato ($P=0.025$) con una razón mayor en las plántulas con tierra roja como sustrato así como una diferencia significativa en la irrigación $\alpha 0.08$ ($p=0.065$).

La mayor proporción en la asignación de recursos a la raíz se obtuvo con hojarasca y tubo reflejando la importancia de la aireación del sustrato para un mejor desarrollo del sistema radical, acorde con lo citado por (Biran y Elías 1980) acerca de un incremento en el desarrollo radical como resultado de una aireación adecuada de la raíz.

Una mayor distribución de biomasa a la parte radical (razón V/R menor a 1), ponen de manifiesto la estrategia de *Q. dysophylla* bajo sequía, basada en mayor asignación de recursos a la raíz. Se ha encontrado que una razón V/R menor a 1 en plantas en sequía es debida a que las raíces son menos sensibles que los vástagos a la inhibición del desarrollo por sequía y lo que esta implica (Wu, 2000).

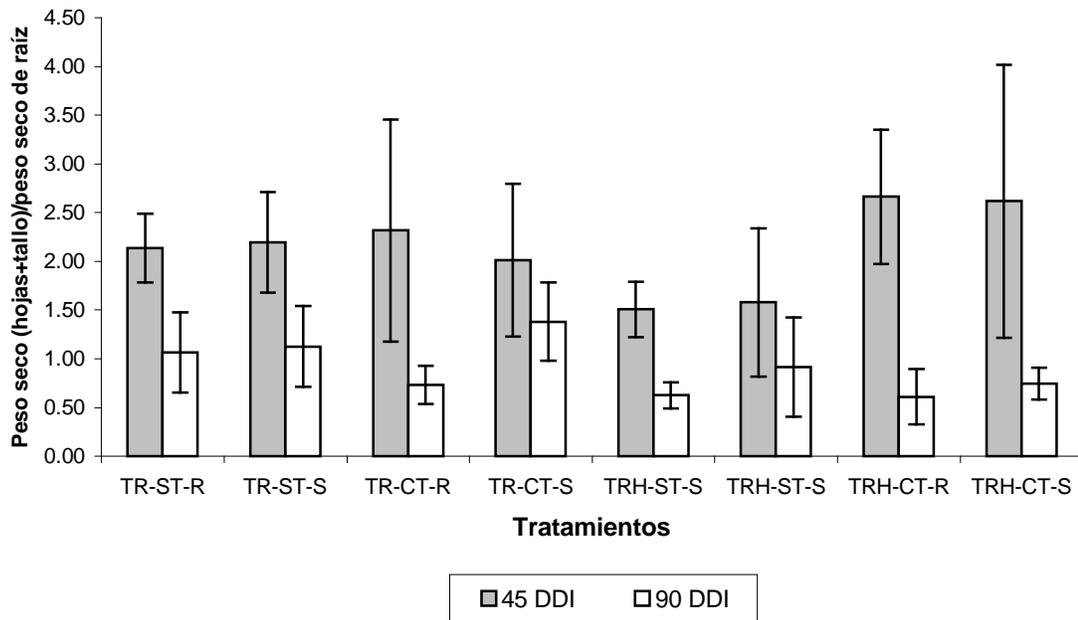


Figura 21 V/R de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja(TR) y tierra roja:hojarasca 2:1(TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato(CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y séquí a (S); las barras indican desviación estándar.

6.2.7 Razón de área foliar

En la figura 22 se observa la RAF de plántulas de *Quercus dysophylla* A 45 DS en la cual solo se observa una ligera tendencia de mayor RAF en los tratamientos en séquí a. A 90 DS se revierte la tendencia a valores mayores en los tratamientos en riego.

En riego la tendencia a valores más altos de RAF indican que esta especie en séquí a aumenta su eficiencia fotosintética. Algo similar ha sido observada en *Medicago rhizobium* Glomus se ha registrado decremento de RAF en séquí a (Sánchez *et al.* 1990)

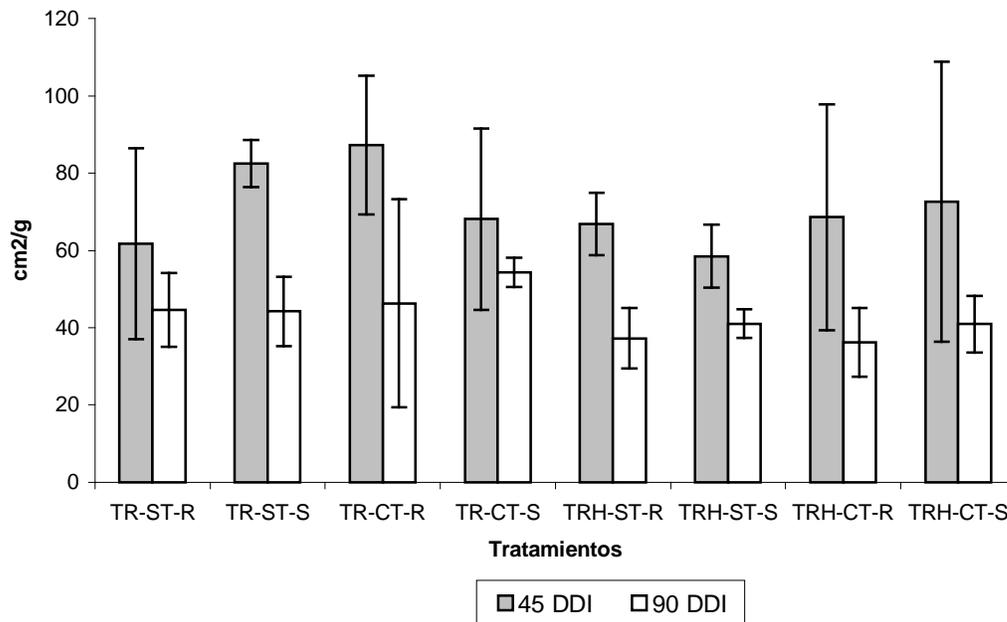


Figura 22 RAF de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja(TR) y tierra roja:hojarasca 2:1(TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato(CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y sequía (S); las barras indican desviación estándar.

| | TR-ST-R | TR-ST-S | TR-CT-R | TR-CT-S | TRH-ST-R | TRH-ST-S | TRH-CT-R | TRH-CT-S |
|----------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 32.603 | 42.60667 | 48.64333 | 34.96667 | 18.83 | 25.14 | 19.80667 | 24.45667 |
| TR-ST-R | | NS | + | NS | NS | NS | NS | NS |
| TR-ST-S | | | NS | NS | * | * | * | * |
| TR-CT-R | | | | NS | * | * | * | * |
| TR-CT-S | | | | | NS | NS | NS | NS |
| TRH-ST-R | | | | | | NS | NS | NS |
| TRH-ST-S | | | | | | | NS | NS |
| TRH-CT-R | | | | | | | | NS |

Tabla 12: Prueba de Tukey: Área foliar a 45 DS α 0.05.

6.2.8 Área foliar

En la figura 23, se observa el Área foliar de plántulas de *Quercus dysophylla*. A 45 DS existe diferencia significativa (tabla 11) de AF en el sustrato ($p= 1.49E-06$) con valores mayores en plántulas con tierra roja como sustrato; también existe diferencia significativa en la interacción entre el riego y la presencia de tubo de aireación ($p= 0.017$) así como en la interacción entre el sustrato, la presencia de tubo y el riego ($p= 0.034$). A 90 DS existe diferencia significativa de AF en cuanto a el sustrato ($p= 0.018$) registrándose los valores

mas altos en plántulas con tierra roja como sustrato, así mismo se observa una tendencia de valores mayores de las plántulas en riego, así como de plántulas sin tubo .

El AF (Figura 18) fue menor en seqú a interpretándose como una estrategia para evitar la perdida de agua y así evadir la seqú a . A este respecto se ha indicado que efectivas adaptaciones estructurales retienen el agua (CRA) siempre en condiciones de seqú a (Bussotti *et al.* ,2002).

Figura 23 AF de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja(TR) y tierra roja:hojarasca 2:1(TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato(CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y seqú a (S); las barras indican desviación estándar.

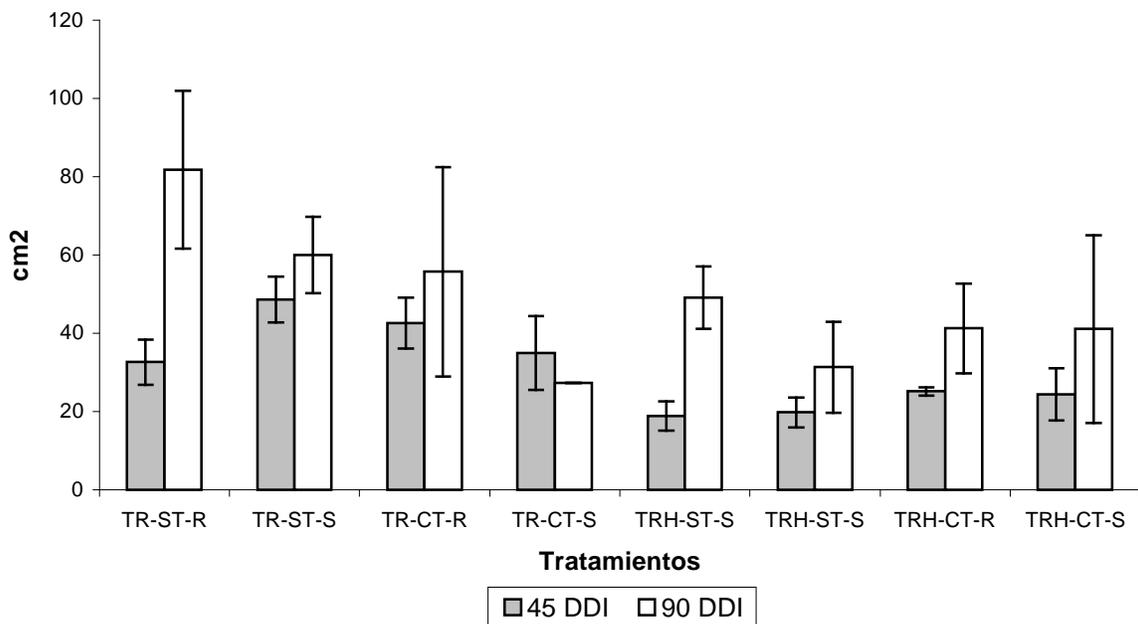


Figura 23 Área foliar de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja(TR) y tierra roja:hojarasca 2:1(TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato(CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y seqú a (S); las barras indican desviación estándar.

6.2.9 Clorofila

La figura 24 muestra la clorofila a y b de plántulas de *Q. dysophylla*. A 45 DS no exhibieron diferencias de clorofila a, b, y total.

A los 90 DS se registraron diferencias significativas en valores de clorofila b y Clorofila total en cuanto a la interacción entre el sustrato y la irrigación, registrándose los valores más altos en plántulas en seqú a en general, destacando particularmente los de seqú a con tierra roja-hojarasca como sustrato. . De la cruz (2002) señala que el aumento de clorofila en seqú a podría deberse a un efecto alométrico ya que los valores de CRA asociados a la disminución de área foliar y mayor grosor de la hoja daña mayor concentración de clorofila por unidad de área en respuesta a la seqú a.

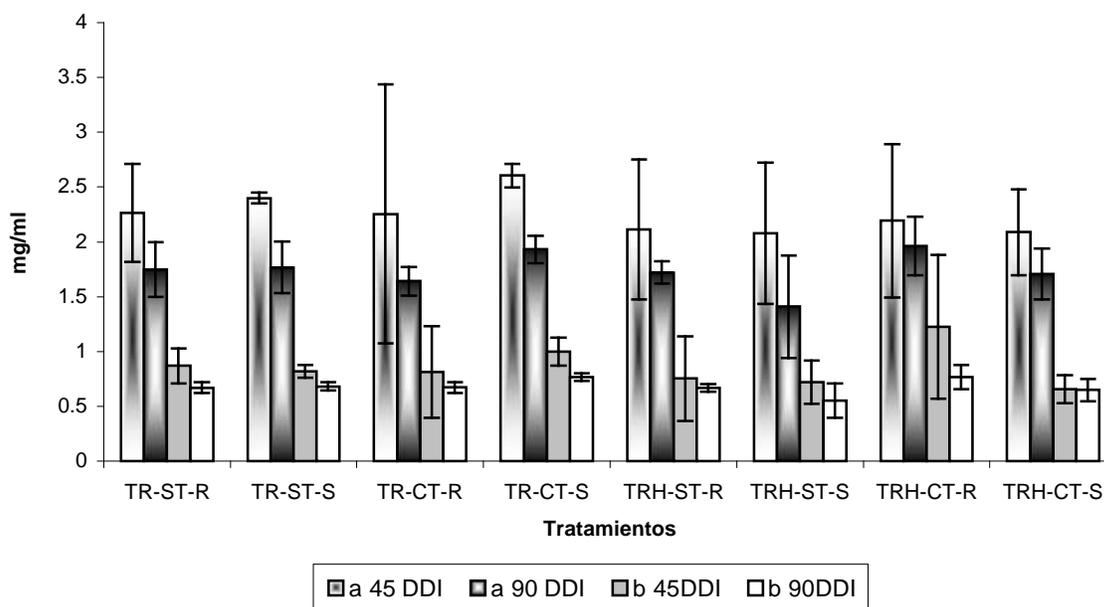


Figura 24. Concentración de clorofila de *Quercus dysophylla* a 30 DS; con dos sustratos tierra roja (TR) y tierra roja:hojarasca 2:1(TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato(CT); En dos niveles de irrigación (R) y séquí a (S); las barras indican desviación estándar.

6.2.10 Área de raíces finas

En la figura 25 se presenta el área de raíces finas de plántulas de *Q. dysophylla*. A 45 DS se observó un área de raíces finas baja, se observa una diferencia significativa ($p=0.04$) de mayor área en las plántulas que contenían tubo de aireación, con respecto de las que no tenían, así como de una tendencia a mayor área en plántulas con tierra roja como sustrato. A 90 DS el total de las plántulas tienen áreas de raíces finas desarrolladas disuadiéndose la tendencia de un mayor desarrollo de plántulas con tierra roja como sustrato.

En *Quercus dysophylla* con la presencia de tubo de aireación se denoto mayor área de raíces finas (Figura 25) tanto en riego como en séquí a lo que asumimos contribuyó al CRA sin diferencias significativas en la irrigación. Se ha examinado la existencia de una relación directa entre la aireación y la densidad de raíces (López y Gonzáles 2001, Biran y Eliasa 1980) Andersen en el 2000 resalta la importancia de la arquitectura de la raíz de *Quercus robur* para aumentar la probabilidad de éxito en su trasplante.

Asimismo en *Q. dysophylla* la séquí a propició un incremento en la área de raíces finas a 90 DS (Figura 25) y con ello mayor capacidad de exploración y de absorción de agua, sin embargo el desarrollo de raíces finas en el riego fue muy similar a la séquí a. Donovan (2000) señala un mayor desarrollo de raíces finas en *Q. sp.* lo que le ayuda a evadir la séquí a. Fotelli (2000) encontró que *Q. macrolepis* tuvo altos niveles de raíces finas tanto en riego como en séquí a similar a lo observado en *Q. dysophylla* en este experimento.

En plántulas de *Q. dysophylla* con tierra roja mas hojarasca el área de raíces finas (Figura 25) a 45 DS fue menor por el exceso de humedad edáfica, esto ha sido observado también por Thomas y Hartmann *op. cit.* en *Q. robur*, donde la variación en la disponibilidad de agua en suelos arcillosos, con hidromorfias edáficas, que mantiene encharcamientos, por periodos prolongados, pero que a la vez tiene un periodo más prolongado de sequía, son la causa de daño además de que el exceso de humedad edáfica no permite el desarrollo optimo del sistema radical. Sin embargo a 90 DS existe una tendencia a mayor área de raíces finas en plántulas con tierra roja con hojarasca 2:1 particularmente en las que se coloco tubo de aireación. A este respecto se ha reportado mejor desarrollo de raíces finas en tanto mejor sea el drenaje del suelo (Baker *et al.*, 2001).

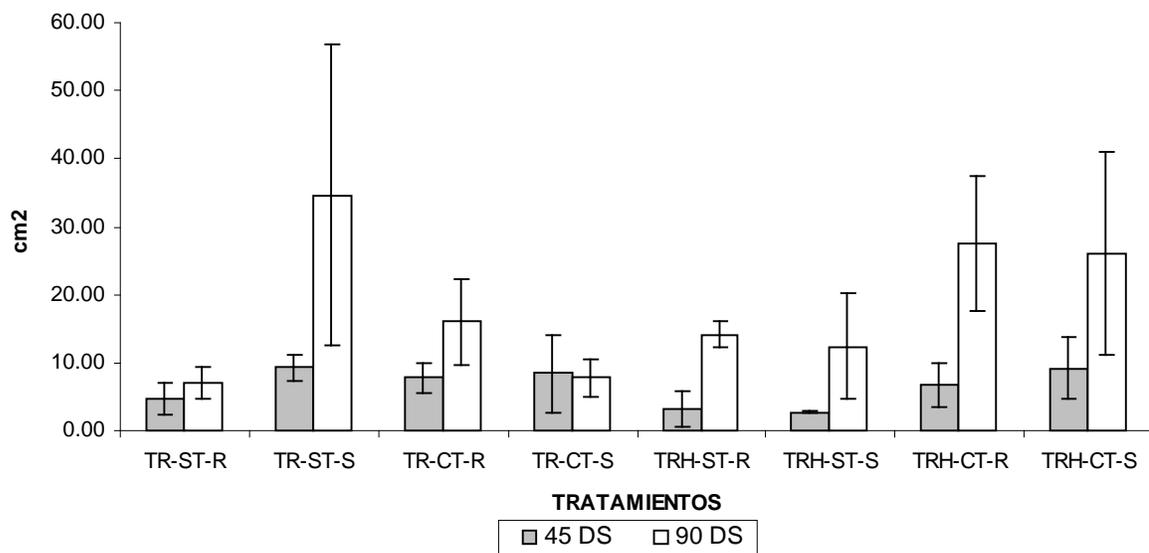


Figura 25 área de raíces finas de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja (TR) y tierra roja:hojarasca 2:1 (TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato (CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y sequía (S); las barras indican desviación estándar.

6.2.11 Consumo de bellota

El consumo de bellota fue prácticamente total en todos los tratamientos a los 45 DS destacando una vez más la importancia de la bellota en la primera fase de desarrollo de el género A este respecto ensayando en *Quercus crispula* se ha señalado al cotiledón como la fuente principal de carbohidratos en el desarrollo inicial de la plántula (Kaballa *et al.* 2003).

6.2.12 Ideotipo

La figura 26 muestra el ideotipo de *Quercus dysophylla* Donde TRH-CT-S es el tratamiento de sequía con valores de conductancia, CRA, mas similares al ideotipo así como valores CRA y conductancia basándose en un potencial hídrico menor, y razón vástago raíz cercana a 1. Aun cuando sus valores de peso de raíz y biomasa no fueron los ideales, este tratamiento es el mas cercano al ideotipo .

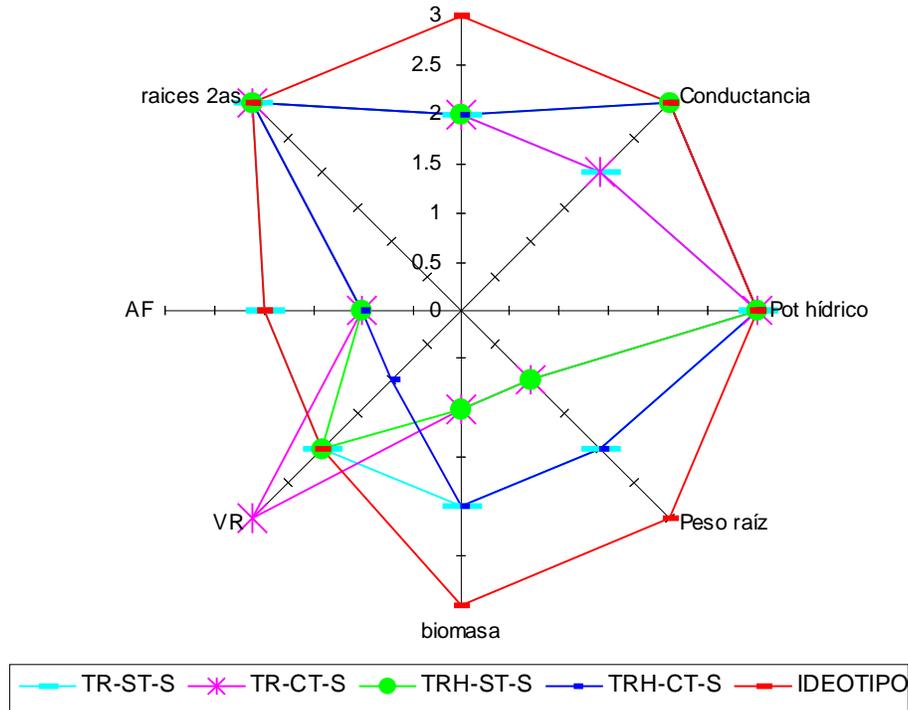


Figura 26 Ideotipo de *Quercus dysophylla* a 30 DS; Con dos sustratos tierra roja (TR) y tierra roja:hojarasca 2:1 (TRH); sin tubo de aireación en el sustrato (ST) y con tubo de aireación en el sustrato (CT); En dos niveles de irrigación riego (R) y sequía (S).

En *Q. dysophylla* bajo sequía, una alta conductancia estomática (Figura 12 y 13) y un potencial hídrico más negativo (Figura 14) con CRA sin diferencias significativas (Figura 15 y 16) entre el riego y la sequía son indicadores de su tolerancia a la sequía. Fotelli (2000) explica que *Q. macrolepis* registró una alta conductancia estomática a pesar de su muy bajo potencial hídrico superando la sequía por medio de tolerancia a la desecación.

El AF (Figura 27) fue menor en donde existía un mejor desarrollo de raíces finas, poniendo de manifiesto la complementación de estas como estrategias de resistencia a sequía. A este respecto se ha indicado que efectivas adaptaciones estructurales retienen el agua (CRA) siempre en condiciones de sequía (Bussotti *et al.* 2002) en *Q. ilex* número reducido de raíces finas, decremento la toma de nitrógeno y por ende un menor número de ramillas verdes (Peñuelas 2000).

6.3 Relación entre la presencia de necrosis foliar en plántulas de *Q. rugosa* y diferentes niveles de intensidad luminosa, humedad edáfica, y saturación del sustrato.

6.3.1 Descripción del desarrollo de la necrosis foliar:

Esta es expresada principalmente por el inicio en alguna de las puntas de las hojas su avance es lento de punta a base, aunque en ocasiones es de los lados y punta hacia la base, lo que hace que la hoja muera más rápido; en el envés de la hoja casi en la mayoría de los casos se observa una coloración blanquecina. Esta necrosis generalmente se presenta primero en hojas viejas dando en ocasiones oportunidad a que existan rebrotes nuevos pero una vez pasado este periodo y que estas hojas tienen cierta temporalidad también presentan dicha necrosis por otra parte se observó coloración café en las raíces.

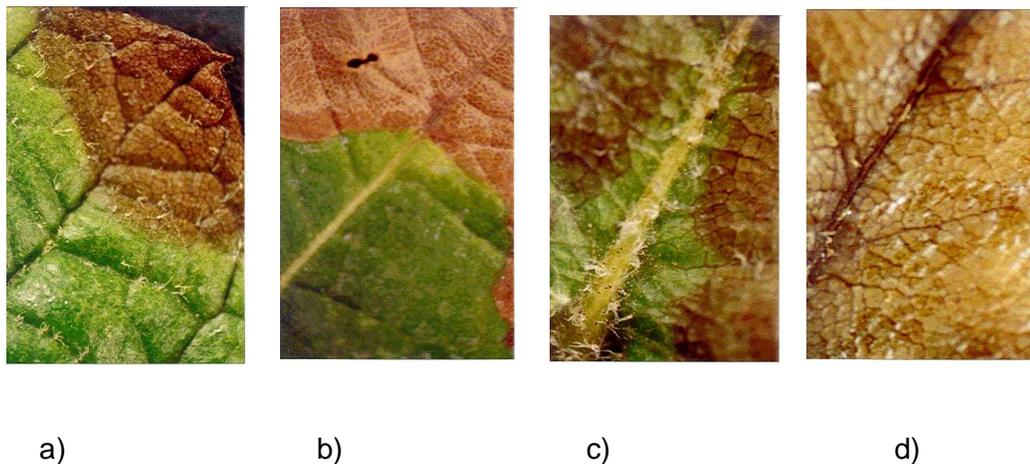
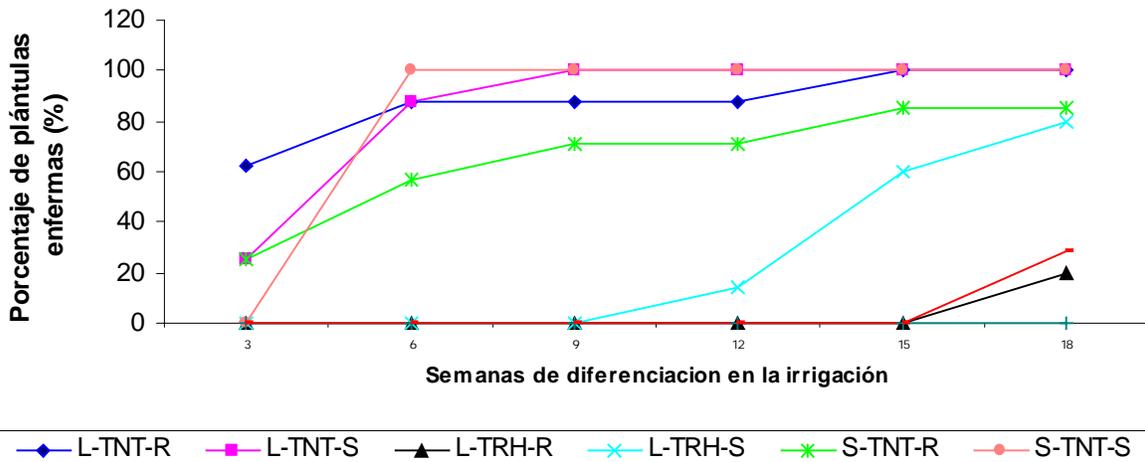


Figura 27 desarrollo de la necrosis foliar a) inicio b), c) desarrollo medio d) hoja totalmente afectada

6.3.2 Porcentaje de presencia de necrosis foliar

La figura 28 muestra el porcentaje de la presencia de necrosis foliar en *Q. rugosa* se aprecia que a partir de tres semanas entre el 20 y el 60% de las plántulas ya presentan necrosis foliar en los diferentes tratamientos de las plántulas con tierra negra como sustrato, a las 9 semanas entre el 70 y el 100% de las plántulas de los diferentes tratamientos con tierra negra como sustrato, presentaban daño, a las 12 semanas se registraron las primeras plántulas con tierra roja como sustrato, 15% de las plántulas con tierra roja, luz y en séquí a presentaron dicha necrosis. A las 18 semanas cuando concluyó el experimento, cerca de un 20% de las plántulas con tierra roja, sombra, séquí a y tierra roja-luz-riego presentaban daño, y las plántulas con tierra roja-hojarasca-sombra-riego no presentaron daño. en tanto que el total de plántulas con tierra negra como sustrato presentaban daño (Figura 27)

El mayor porcentaje de presencia de necrosis foliar en plántulas con tierra negra tezontle como sustrato indica la poca efectividad de este sustrato en la propagación de *Quercus rugosa* en invernadero, aunado a esto, dichas plántulas registraron alturas menores, probablemente por la interacción con el posible patógeno, que no permite su desarrollo óptimo.



S-TRH-R

Figura 28: porcentaje de plántulas de *Q. rugosa* con presencia de necrosis foliar a 3,6,9,12,15 y 18 semanas de diferenciación en la irrigación. Bajo luz ambiente L, o ½ de luz ambiente S; con tierra negra: tezontle 2:1 o tierra roja cubierta con hojarasca TRH; en riego R o séquí a S. Las barras indican desviación estándar.

6.3.3 Altura

En la figura 29 se observa una clara tendencia de mayor altura en plántulas con tierra roja como sustrato, así como de valores mayores en plántulas en riego, con respecto de su respectiva séquí a .

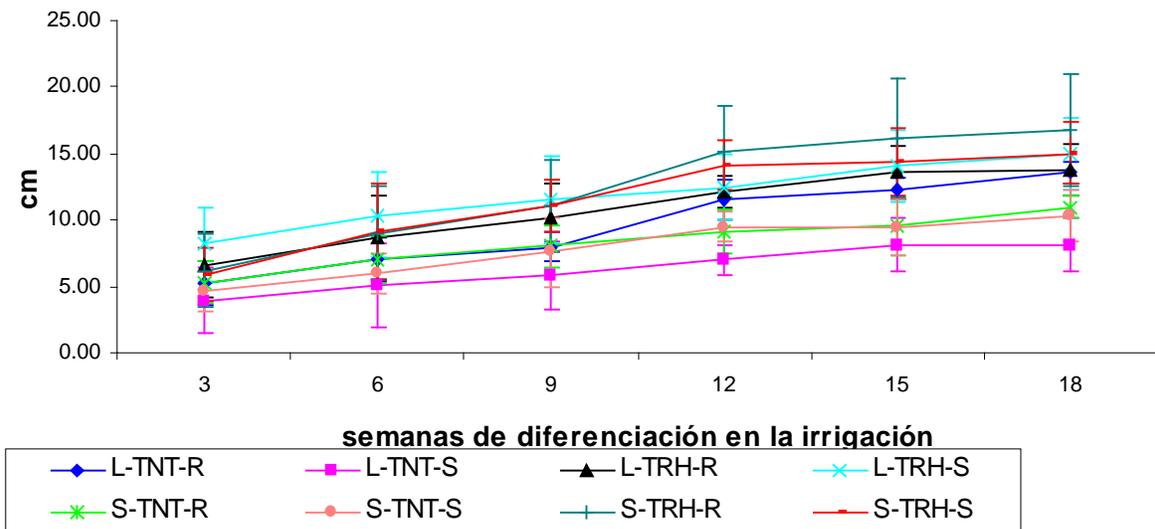


Figura 29: Altura de plántulas de *Q. rugosa* a 3,6,9,12,15 y 18 semanas de diferenciación en la irrigación. . Bajo luz ambiente L, o ½ de luz ambiente S; con tierra negra: tezontle 2:1 o tierra roja cubierta con hojarasca TRH; en riego R o séquí a S. Las barras indican desviación estándar.

6.4 Detección y determinación de posibles agentes causantes de la necrosis foliar en plántulas de *Quercus rugosa* crecidas en invernadero.

6.4.1 Detección de microorganismos de suelo

En la tabla 12 se presentan los microorganismos encontrados en las muestras de suelo, en donde se determinó a los siguientes hongos: *Chaetonium sp.*, *Mucor sp.* y *Penicillium*, que manifestó mayor frecuencia.

Los resultados obtenidos sugieren que la causa de la necrosis foliar de plántulas de *Quercus rugosa* no se encuentran en el sustrato (tierra negra), ya que de los hongos determinados (*Penicillium*, *Mucor* y *Chaetonium*) no se reportan como patógenos. En cuanto al género *Penicillium*, se registra generalmente como saprobios y de vida libre, con segregación de sustancias opresoras para otros hongos; en tanto el género *Mucor* la mayoría de sus especies son en general de vida libre, solo algunas especies son parásitas de animales, Por último el género *Chaetonium*, presenta especies de vida libre y algunas otras como parásitos oportunistas.

| Caja N° | Frecuencia | Forma | Color | Consistencia | Género |
|--------------------------------|------------|----------|-------------|--------------|--------------------|
| 1(1,2,4,)2(1,3 6)3(2,3)4(2) | 9 | Circular | Gris | Algodonosa | <i>Penicillium</i> |
| 1(3)4(3) | 2 | Circular | Blanco | Gelatinosa | <i>Chaetonium</i> |
| 1(5)2(2) | 2 | Punteado | Verde | Polvosa | <i>Mucor</i> |
| 2(4,5,7,8,9) 3(1),4(1) | 7 | Circular | Verde olivo | Algodonosa | <i>Penicillium</i> |

Tabla 12 : Microorganismos de suelo utilizado para envasar

6.4.2 Detección de microorganismos de raíz, tallo y hojas

En la tabla 13 se observa que en los cortes de raíz, tallo y hojas se encontraron los siguientes tres géneros: *Aspergillus*, *Alternaria* y *Fusarium* principalmente en raíz y tallo, destacando una mayor frecuencia de colonias de *Fusarium* en las muestras de raíz. De estos géneros se han identificado especies fitopatógenas de *Alternaria* como *Alternaria alternata* y *Alternaria sp.* las cuales se reportan como causantes de la enfermedad conocida como dompig off (Gibson y Salinas 1985), dicho género fue aislado en raíz y tallo; Para *Aspergillus* se reportan a la especie patógena: *Aspergillus flava*, de igual manera fue aislado de raíz y tallo. Sin embargo la mayor frecuencia de *Fusarium* en muestras de raíz y la sintomatología presentada en las plántulas de *Quercus rugosa* desarrolladas en invernadero, hacen suponer que hongos fitopatógenos de este género como *Fusarium oxysporum*, son la causa de dicha necrosis. Dicha sintomatología consiste en el marchitamiento de las hojas más viejas, por aparente falta de agua, hasta su caída, en cambio las hojas más jóvenes no presentaron dicha sintomatología, pero una vez pasado cierto tiempo estas caen y las plántulas mueren, aunado a lo anterior debido al parecer por el taponamiento de los vasos vasculares (Harveson 2002). Los resultados encontrados en este estudio tienen cierta similitud con los encontrados en las especies de *Quercus* específicamente en *Q. Ilex*, en donde *Fusarium oxysporum* causó síntomas similares a *Phytophthora cinamoni* (pudrición de raíz y crecimiento lento) y fue aislado siempre de raíz, aunque en menor frecuencia (Gallego 1999), mientras que en España la causa de la declinación de *Quercus robur* fue *Fusarium eumortii*, manifestándose como una especie sensible a este patógeno, en tanto que *Q. cerris* y *Q. pubescens* son especies resistentes al mismo patógeno (Hagazzi 2002).

| Caja N° | Frecuencia | Forma | Color | Consistencia | Género |
|-------------------------------------|------------|-----------|-------------|--------------|--------------------|
| Raíz 1(1,4,5) 2(1,2,3,4)3(1,4,5) | 10 | Ameboidea | Púrpura | Algodonoso | <i>Fusarium</i> |
| 1(2) | 1 | Ameboidea | verde-negro | Algodonoso | <i>Alternaria</i> |
| 1(3) 2(5) 3(2,3) | 4 | Ameboidea | Amarillo | Algodonoso | <i>Aspergillus</i> |
| Tallo 1(1) 2(1,3,4,5) 3(1,3) | 7 | Ameboidea | Púrpura | Algodonoso | <i>Fusarium</i> |
| 1(2,4,5) 3(2,4,5) | 6 | Ameboidea | Gris | Algodonoso | <i>Penicillium</i> |
| 1(3) | 1 | Ameboidea | Verde-negro | Algodonoso | <i>Alternaria</i> |
| 2(2) | 1 | Ameboidea | Amarillo | Algodonoso | <i>Aspergillus</i> |

Tabla 2 Géneros presentes en cortes de raíz tallo y hojas.

En la figura 30 se aprecia al organismo encontrado del genero *Fusarium*; cuyas principales características son micelio extensivo, y algodonoso en cultivo, con frecuencia de tonalidad rosa, púrpura o amarilla. Conidióforos simples, variables, escaso o abundante, corto, ramificado irregularmente u orientado a, de fialides simples o agrupadas dentro de un esporodocio; conidio (fialosporas) hyalino, variable, principalmente en dos clases. Macroconidios con varias celdas, ligeramente curvados hacia los puntos finales, comúnmente con forma de canoa; microconidios. 1 celda ovoide u oblonga, soportada singularmente en cadena.; algunos conidios intermedios con dos o tres células oblongas o ligeramente curvadas.

Parásitos en plantas superiores o saprofitos en plantas decadentes.

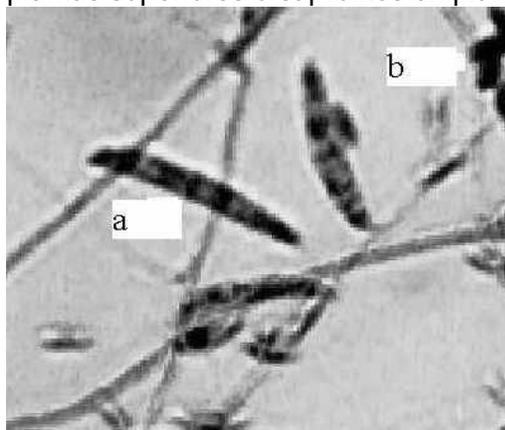


Figura 30 *Fusarium*; a)macro conidio, b)micro conidio

En la Figura 31 se aprecia al genero *Alternaria*; conidióforos negros casi siempre simples, cortos o elongados, cadenas de conidios simples o ramificadas, conidio (proospora)negra, con septos transversales y longitudinales en muchas ocasiones lleva y posee un simple o ramificado. Parásito o saprofito en material vegetal.

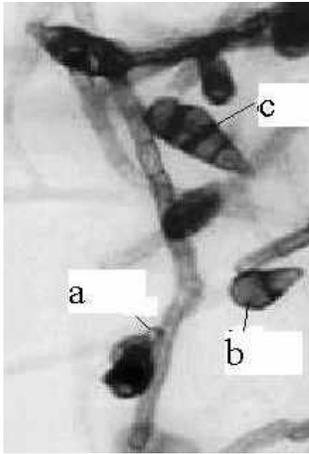


Figura 31: *Alternaria* n x: a)conidioforos, b)conidio, c)septos transversales

En la figura 32 se aprecia al genero *Aspergillus*; Conidióforos verticales, simples, terminadas en un hinchamiento globoso. Fialides ubicadas en el ápice o radiando de la superficie entera; conidio (phialosporas) con una celda globosa, casi siempre coloración variada en masa, en cadena basipetala.

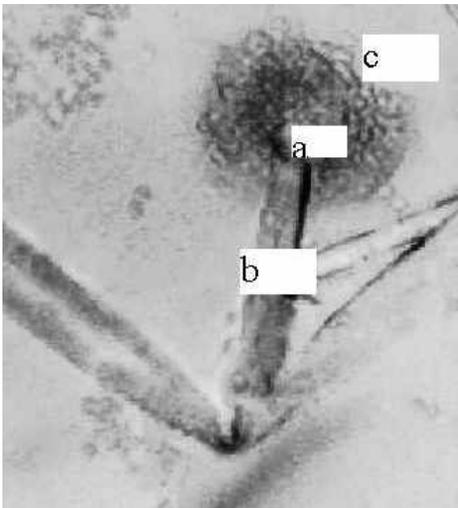


Figura 32: *Aspergillus* a) conidioforos b) fialides c)conidio

VII CONCLUSIONES

Experimento de *Q. rugosa*

Q. rugosa evade la sequía con disminución del potencial hídrico, conductancia, área foliar y biomasa así como con mayor distribución de fotosíntetatos hacia la raíz. Únicamente la aplicación de picomódulos fúlvicos comprimidos ayudo a incrementar el desarrollo de raíces finas y mantener la conductancia.

Experimento con *Q. dysophylla*

Quercus sp mayor desarrollo de raíces finas, potencial hídrico más negativo y apertura estomatal indicando tolerancia a la sequía, lo que se vio apoyado por la colocación de un tubo de aireación. La adición de hojarasca en el sustrato debe ser preferentemente sobre este, ya que la mezcla puede tener efectos adversos por la retención excesiva de humedad.

Experimento de presencia de necrosis foliar.

La combinación tierra negra:agrolita 1:1 no es un sustrato adecuado para la propagación de encinos en invernadero debido a que incrementa la humedad edáfica y con ello la presencia de necrosis foliar por el posible efecto de hongos patógenos de raíz tales como los del género *Fusarium*.

Experimento de detección y determinación de posibles agentes causantes de necrosis foliar en plántulas de *Q. rugosa*

De los hongos determinados el género *Fusarium*, fue probablemente el causante de la necrosis foliar en plántulas de *Quercus rugosa* desarrolladas en invernadero..

VIII SUGERENCIAS

Los estudios donde se incluya el registro del potencial hídrico crítico, son prácticos para discernir las especies más adecuadas de una zona en cuanto a la resistencia al déficit hídrico.

Se debe de poner atención en el estudio de fitopatógenos del género *Quercus* que en México han sido poco estudiados.

Se propone la realización de pruebas de patogenicidad para comprobar el efecto de los hongos encontrados.

X BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar E. L. A. 1985. Problemas taxonómicos de los encinos, II Seminario Nacional sobre utilización de encinos. SAHR, Guadalajara Jalisco México. publicación especial # 19, Págs. 3-5.
- Andersen L. 2000. Regrowth and dry matter allocation in *Quercus robur* L seedlings root pruned prior to trasplanting. *New Forest* 19: 205-213.
- Appel D. N. 1995. The Oak Wilt Enigma: Perspectives from the Texas Epidemic *Annual Review of Phytopathology* 33: 103-118.
- Appel D. N. 1994. The potential for a California oak wilt epidemic. *Journal of arboriculture* 20(2): 79-86.
- Arriága F. A. 1985. Evaluación de la respuesta fisiológica a tres variedades de sorgo bajo el esquema riego-sequí a. Tesis (Lic.) ENEP I UNAM pp 74.
- Azcon-Bieto J. y Talon M. 1996. "Fisiología y bioquímica vegetal". Ed. McGraw-Hill, Madrid España. págs.. 537-539.
- Auge M. R. & Moore J. L. 2002. Stomatal response to nonhydraulic root-to-shoot communication of partial soil drying in relation to foliar dehydration tolerance. *Environmental and Experimental Botany* 47: 217-229.
- Ayala L. R. 2003. Evaluación de las practicas agrícolas de tres parcelas de maíz y el efecto de adición de ácidos fúlvicos con relación al rendimiento, en el ejido de la Ramireña, Vista Hermosa, Michoacán. Tesis (biología) FES I 87 págs.
- Baker T. T., Conner W. H., Graeme L B., Stanturf J. A. & Burke M. J. 2001. Fine Root Productivity and Dynamics on a Forested Floodplain in South Carolina *Soil Science Society of America Journal* 65:545-556.
- Barnet H. L. & Hunter B. B. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect fungi*. Burgess Publishing Company. Minesota. 3ª ed. Págs. 99, 126.
- Biran I. & Eliasa A. 1980. The effect of container size and aeratin conditions on growht of roots and canopy of woody plants. *Scientia Horticulturae* 12: 385-394.
- Bonfil S. Ma. C. 1998. Dinámica poblacional y regeneración de *Quercus rugosa*: implicaciones para la restauración de bosques de encinos. Tesis (doctoral) Doctor en ecología, Fac. Ciencias UNAM págs. 78.
- Bussotti F., Bettini D., Grossoni P., Mansuino S., Nibbi R., Soda C. & Tani C. Structural and functional traits of *Quercus ilex* in response to water availability. *Environmental and Experimental Botany* 47:11-23.
- Cánovas G. P. A. 1996. La encina y la tierra agrícola en línea disponible en: encina.virtualave.net/
- Cavender-Bares J. & Bazzaz F. A. 2000. Changes in drought response strategies with ontogeny in *Quercus rubra*: implications for scaling from seedlings to mature trees. *Oecologia* 124: 8-18.
- Costa F. M. G., Pham Thi A. T., Pimentel C. Pereyra R. R. O., Zuily-Fodil Y. & Laffray D. 2000. Differences in growth y water relationsamong *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. *Enviromental and Experimental Botany* 43, 227-237.
- De la Cruz G. G. 2002. Efecto de la sequía sobre las variables hídricas, Fotosintéticas y morfométricas en 3 especies de amaranto. Tesis (Maestría en Biología de Recursos Vegetales) UNAM FES I.
- Donovan L. A., West J. B. & Mcleod K. W. 2000. *Quercus* species differ in water and nutrient characteristics in a resource-limited fall-line sandhill habitat. *Tree Physiology* 20: 929-936.
- Dornsch K. H., Gams W. & Traute-Heidi A. 1980. *Compendium of soil fungi*. Academic Press. New York. Págs. 35,36,77,123, 165, 183, 305, 460.

- Echandi E. 1971 Manual de laboratorio para Fitopatología Forestal. Ed. Herro Hnos. México pp. 13-18.
- Figueroa-Rangel B. L. y Olvera-Vargas M. 2000. Dinámica de la composición de especies en bosques de *Quercus crassipes* et b. en cerro grande, sierra de Manantlán, México Universidad de Guadalajara. Centro Universitario de la Costa Sur. Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad, disponible en www.colpos.mx/agrocien/Bimestral/2000/ene-feb/art-11.pdf -
- Flores C. J. C., 2000. Fertilizantes órganominerales. Tesis (Biólogo) ENEPI, págs. 42.
- Fort C., Fauveau M. L., Muller F., Label P., Granier. & Dreyer E. 1997. Stomatal conductance, growth and root signaling in young oak seedlings subjected to partial soil drying. *Tree Physiology* 17: 281–289.
- Fotelli M. N., Radoglou K. M., & Constantinidou H.-I. A. 2000. Water stress responses of seedlings of four Mediterranean oak species. *Tree Physiology* 20, 1065-1075.
- French D. W. 1984 . Oak wil in Minnesota, MinesotaExtension Service. University of Minnesota.
- Gallego F. J., Pérez A. A. & Fernández-Escobar R. 1999. Etiology of oak decline in Spain *European Journal of Forest Pathology* Vol. 29: 17-25.
- Gardiner E. S. & Hodges J. 1998. Growth and biomass distribution of cherrybark oak (*Quercus pagoda* Raf.) seedlings as influenced by light availability. *For. Ecol. Manage.* 108 (1998), págs.. 127–134.
- Gardiner E. S. & Krauss K. W. 2001 Photosynthetic light response of flooded cherrybark oak (*Quercus pagoda*) seedlings grown in two light regimes *Tree Physiology* 2001; 21(15):1103-1111.
- Gebre G. M., Tschaplinski T. J. & Shirshac T. L. 1998. Water relations of several hardwood species in response to throughfall manipulation in an upland oak forest during a wet year. *Tree Physiology* 18: 299–305
- Gibson I. A. S. y Salinas Q. R. 1985. Notas sobre enfermedades forestales y su manejo. Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos Boletín Técnico Nº 106. México D.F. pp. 29.
- Goicoechea N., Antolin M. C. & Sánchez-Díaz M. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and *Rhizobium* on nutrient content and water relations in drought stressed alfalfa. *Plant and Soil* 192: 261–268.
- Gómez-Tagle. 1998. en línea, disponible en: www.uv.mx/institutos/forest/foresta/2-1/degradac.html - 7k -
- Gratanni L. & Bombelli A. 1999. Leaf anatomy, inclination and gas exchange relationships in evergreen sclerophyllous and drought semideciduous shrub species. *Photosynthetica* 37, 573-585.
- Hagazzi A., Monoca S., Delavalle I. & Turco E. 2002. *Fusarium eumartii* Growth in Resistant and Susceptible Oak Species. *Journal of Phytopathology* Volume 149: 503–511.
- Harveson B. 2003. Fusarium Yellows. Plant Disease Central. en línea disponible en: <http://pdc.unl.edu/sugarbeet/FusariumYellowsAndRootRot/text.htm>
- Hipkins M. F. & Baker N. R. 1986. Photosynthesis transduction a practical approach. IRL Press. U. S. A. pp. 199.
- Isidro V. A. 1985. Crecimiento longitudinal y fonología de *Quercus germana*. II Seminario Nacional sobre utilización de encinos, SAHR, Guadalajara Jalisco. Publicación especial Nº 19. Págs.: 69-84.
- Jordán A. P. & Tainter F. H. 1996. The susceptibility of Southern Appalachian Oak to *Phytophthora cinnamomi*. *Castanea* 61(4):348-355.

- Kabeya D. & Sakai S. 2003. The Role of Roots and Cotyledons as Storage Organs in Early Stages of Establishment in *Quercus crispula*: a Quantitative Analysis of the Nonstructural Carbohydrate in Cotyledons and Roots. *Annals of Botany* 10. 1093./aob/mcg165.
- Lewis R., Olveria F. L. & Waltercheralt M. J. 1983. How to identify and suppress Oak Wilt in Live Oak and Texas Red Oak. Southern Forest Experiment Station New Orleans, LA. Folletto divulgativo.
- Li Q. & Ma K. 2002. Factors affecting establishment of *Quercus liaotungensis* Koidz. under mature mixed oak forest overstory and in shrubland [Forest Ecology and Management](#) V176: 133-146.
- Levitt J. 1980. Responses of plants to environmental stress. Vol II. Water, radiation, salt and other stresses. 2 nd Ed. Academic Press. New York. Págs.. 187-211.
- Leuchsner Ch., Backes K., Hertel D., Schipka F., Schmith U. Terborg O. & Runge M. 2001. Drought responses at leaf, stem and fine levels of competitive *Fagus sylvatica* L and *Quercus petraea* (Matt) Liebl. Trees in dry and weat years. *Forest Ecology and Management* 149: 33-46.
- Löf M., Gemmel P., Nilsson U. & Welander N.T. 1998. The influence of site preparation on growth in *Quercus robur* L. seedlings in a southern Sweden clesr-cut and shelterwood. *Forest Ecology and Management*. 109: 241-249.
- López B., Sabate S. & Gracia C. A. 2001. Vertical distribución of fine root density, length density, area index and mean diameter in a *Quercus ilex* forest. *Tree Physiology* 21, 555-560.
- López-Barrera F. & González-Espinosa M. 2001. Influence of litter on emergence and early growth of *Quercus rugosa*: a laboratory study *New Forests* 21: 59–70.
- Marí nez R. E. 1996. La Restauración ecológica. *Ciencias* 43: 56-61.
- Millius S. 2000. Team corners culprit in sudden oak death *Science News* 158 (6): 86-92.
- Nardini A., Salleo S., Lo Gullo M. A. & Pitt F. 2000. Different responses to drought and freeze stress of *Quercus ilex* L. growing along a latitudinal gradient. *Plant Ecology* 148: 139–147.
- Nieto P. C. 1985. Los encinos de la Sierra del Ajusco . Seminario Nacional sobre utilización de encinos, SAHR, Guadalajara Jalisco, publicación especial # 19. Págs.: 56-68.
- Olvera V. M., Figueroa R. B. L., Moreno G. S., y Soñ s-Magallanes A. 1997. Resultados preliminares de la fenología de cuatro especies de encino en Cerro Grande, Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán. *Biotam. Investigación científica y tecnológica*. Vol. 9 (1): 7-18.
- Peñuelas J., Filella I., Lloret F., Piñol J. & Siscart D. 2000. Effects of a severe drought on water and nitrogen use by *Quercus ilex* and *Phillirea latifolia*. *Biología Plantarum* 43(1): 47-53.
- Picon C., Ferhi A., & Jean-Marc G. 1997. Concentration and d 13 C of leaf carbohydrates in relation to gas exchange in *Quercus robur* under elevated CO2 and drought. *Journal of Experimental Botany*, 48 (313): 1547–1556 (1) págs. 718.
- Ponce L. L. 1985. Ecofisiología de las primeras etapas del crecimiento de *Quercus sartorii*. II Seminario Nacional sobre utilización de encinos, SAHR, Guadalajara Jalisco México, publicación especial # 19, págs.. 85-94.
- Procymaf, Semarnat 2000 en línea disponible en: <http://148.233.168.204/pfnm/QuercusDysophylla.html>
- Puri S. & Suamy S. L. 2001. Growth and biomass production in *Azadirachta indica* seedlings in response to nutrients (N and P) and moisture stress. *Agroforestry Systems* 51: 57–68.

- Robledo J. A. 1997. Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos en el Ajusco D.F. Efecto del tamaño de la semilla. Tesis (Lic.) biología FES. Z. UNAM págs. 74.
- Rzedowski J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa México D.F. págs.. 263-264.
- Sánchez-Díaz M., Pardo M., Antolín J., Peña J., & Aguirre O. 1990. Effect of water stress on photosynthetic activity in the *Medicago-Rhizobium-Glomus* symbiosis, *Plant Science, Volume 71, (2), 215-221*.
- Schwans P. & Polle A. 2001. Differential stress responses of antioxidative systems to drought in pedunculate oak (*Quercus robur*) y maritime pine (*pinus pinaster*) grown under High CO₂ concentrations. *Journal of experimental Botany*, Vol 52, N° 354 págs.. 133-143.
- Sierra M. C. J. 1993. Aspectos de germinación y crecimiento de *Quercus rugosa* Nee/México :IPN Tesis (Lic.) Biólogo págs. 70.
- Suares G. I. 1998. Germinación y crecimiento de encino en ambiente inducido por la fragmentación del Bosque Mesófilo de montaña en Veracruz. Tesis (Maestría) Maestría en ciencias F. C. UNAM págs. 89.
- Tainter F. H., O'Brien J. G., Hernández A., Orozco F. & Rebolledo O. 2000. *Phytophthora cinnamomi* as a cause of oak Mortality in the State of Colima, México. *Plant Disease* Vol 84(4):394-398.
- Long J. T. & Jones H. R. 1996. Seedling growth strategies and seed size effects in fourteen oak species native to different soil moisture habitats. *Trees* 11: 1-8.
- Thomas F. M. & Hartmann G. 1998. Tree rooting patterns and soil water relations of healthy and damaged stands of mature oak (*Quercus robur* L. and *Quercus petraea* [Matt.] Liebl.). *Plant and Soil* 203: 145–158.
- Tognetti , Longobucco A., Miglietta F., & Raschi A. 1998. Transpiration and stomatal behaviour of *Quercus ilex* plantas during the summer in a Mediterranean carbon dioxide spring. *Plant Cell and Environment* 21, 613-622.
- Tovar R. y Alanís G. 2000. La problemática de la reforestación urbana en México Sociedad Internacional de Arboricultura en línea, disponible en www.isahispana.com/pubs/inmexico.htm - 16k
- Wargo M. Rh., Houston D. R., & LaMadeleine L. A. 1983. Oak decline. Forest Insect and Disease Leaflet 165, V.s. Departament Oof Agriculture Forest service.
- Welander N. T. & Ottosson B. 1998. The influence of shading on growth and morphology in seedlings of *Quercus robur* and *Fagus sylvatica* L. *Forest Ecology and Management* 107: 117-126.
- Wu Y. & Cosgrove D. J. 2000. Adaptation of roots to low water potentials by changes in cell wall extensibility and cell wall proteins. *Journal of Experimental Botany* 51: 1543–1553.

IX APÉNDICE

9.1 Abreviaturas

Riego: R

Seqüía: S

Quercus: Q.

Días de seqüía: DS

Capacidad de campo: CC

Punto de marchites permanente: PMP

Conductancia foliar: Cf

Contenido relativo de agua: CRA

Potencial hí drico de la hoja:

Área Foliar: AF

Biomasa: B

Peso seco de raíz: PSR

Área de raíces finas: ARF

Razón vástago/raíz: R/V

Razón de área Foliar: RAF

Clorofila: Cl

Consumo de bellota: CB

Riego Sin picomódulos: R-SP

Seqüía sin picomódulos: S-SP

Riego-picomódulos pulverizados: R-PP.

Seqüía-picomódulos pulverizados: S-PP.

Riego-picomódulos comprimidos: R-PC

Seqüía-picomódulos comprimidos: S-PC

Tierra roja-riego: TR-R

Tierra roja- seqú a: TR-S

Tierra roja-tubo de aireación-riego: TR-T-R

Tierra roja-tubo de aireación-sequí a: TR-T-S

Tierra roja con hojarasca-riego: TRH-R

Tierra roja con hojarasca-sequí a: TRH-S

Tierra roja con hojarasca-tubo de aireación-riego: TRH-T-R

Tierra roja con hojarasca-tubo de aireación-sequí a: TRH-T-S

Luz-tierra negra tezontle-riego: L-TNT-R

Luz-tierra negra tezontle-sequí a: L-TNT-S

Luz-tierra roja más hojarasca-riego: L-TRH-R

Luz-tierra roja mas hojarasca-sequí a: L-TRH-S

Sombra-tierra negra tezontle-riego: S-TNT-R

Sombra-tierra negra tezontle-sequí a: S-TNT-R

Sombra- tierra roja más hojarasca-riego: S-TRH-R

Sombra-tierra roja más hojarasca-sequí a: S-TRH-S

Sustrato: Stto

Irrigación: I

Tubo de aireación: Tair

9.2 Calculo de capacidad de campo y punto de marchites permanente

Se saturan las macetas cubriendo después la parte superior.

Se toman muestras a las 24, 48, o 72 horas

Con los valores del peso del suelo húmedo (psh) y peso del suelo seco (pss) se calcula el porcentaje de humedad correspondiente a CC con la ecuación:

$$\%Hum = \frac{Psh - Pss}{pss} (100)$$

Donde %hum porcentaje de humedad

psh, Peso de suelo húmedo

pss, Peso de suelo seco

SUSTITUYENDO

$$\%hum = \frac{500 - 400}{400} (100)$$

$$\%hum = 25$$

El valor obtenido se utiliza para calcular el peso de las macetas a capacidad de campo a partir del peso de suelo seco, para lo cual empleamos la siguiente ecuación:

$$PmCC = (\%hum(pss)/100) + pss \text{ donde:}$$

PmCC, peso de las macetas a capacidad de campo

Sustituyendo:

$$PmCC = (25(400)/100) + 400$$

$$= (10000/100) + 400$$

$$= 100 + 400$$

$$= 500$$

El peso de la maceta a CC fué de 500 g, lo cual significa que se agregaran 100 g (100ml) de agua al suelo para tenerlo al 100 % de humedad aprovechable.

Para calcular el 0% de humedad aprovechable puede dividirse a partir de los valores de CC, dividiendo entre 2.0, 2.1 ó 2.2 de acuerdo con la textura del suelo.

$$PMP = CC/2 \text{ para suelos arcillosos}$$

$$PMP = CC/2.1 \text{ para suelos limosos}$$

$$PMP = CC/2.2 \text{ para suelos arenosos}$$

Para nuestro caso dividimos la cantidad d agua aplicada entre 2.1 para obtenr la canidad de agua que se requiere agregar al suelo para tenerlo a PMP.

$$PMP = 100/2.1$$

$$PMP = 47.61,$$

Lo que significa que se deben agregar 47.61 gramos de agua al suelo de la maceta para tenerla al punto de marchitamiento permanente.

$$PmPMP = CC/2.2 + pss$$

PmPMP, peso de las macetas en el punto de marchitamiento permanente.

Susituyendo:

400+47.61

447.61

Si restamos pmCC-pmPMP, obtendremos la cantidad de agua correspondiente a la humedad aprovechable o agua capilar:

Agua capilar =pmCC-pmPMP

Agua capilar =500-447.61

Agua capilar=52.39

La cantidad de agua capilar o 100% de humedad aprovechable corresponde a 52.39g. considerando este valor se obtuvo por regla de tres y sumando al valor de pmPMP, el porcentaje de humedad aprovechable correspondiente l 25%.

$$\begin{array}{r} 52.39g \quad \text{_____} \quad 100\% \\ x \quad \text{_____} \quad 25\% \\ x=13.09 \end{array}$$

Sumamos este valor al pmPMP y obtenemos 460.7 lo cual significa que para tener un tratamiento con 25% de humedad aprovechable el peso de las macetas debe ser de 460.7g.

9.3 Calculo de contenido relativo de agua

Se extraen 5 discos de 0.05 cm de diámetro en este caso con una perforadora y estos se pesan con una balanza analítica; posteriormente estos discos se sumergen en agua durante al menos 4 horas para su posterior peso con balanza analítica y obtener el peso turgente; finalmente se secan en horno a 70°C durante 72 horas, Una vez transcurrido este tiempo se obtiene el peso seco. La obtención del CRA se realiza mediante la siguiente ecuación

$$(\text{Peso seco} - \text{peso turgente} / \text{peso seco} - \text{peso fresco}) * 100$$

9.4 Calculo de clorofila

1g de tejido fresco se macero en acetona al 80% centrifugación a 2500 rpm lectura en espectrofotómetro a 645 y 663 nm. Para calcular la concentración de clorofila a y b se utilizo la formula siguiente:

$$a=0.0127(\text{abs. } 663)-0.00269(\text{abs. } 645)$$

$$b=0.0229(\text{abs. } 645)-0.00468(\text{abs. } 663)$$

mg. de clorofila/ml,

9.5 Método de Agar-Placa

1 gramo de tierra negra fue colocado en nueve mililitros de agua esterilizada. De la mezcla obtenida se tomo una alícuota de 1ml la cual fue vertida en 9 mililitros de agua esterilizada, así sucesivamente hasta obtener concentraciones de 10⁻⁵ , 10⁻⁶ 10⁻⁷.

De estas concentraciones una alícuota de 1ml fue sembrada por el método de Agar- placa con Medio de cultivo Agar-Extracto-Levadura y se incubo durante 48 horas a 28°C de donde se tomaron muestras para hacer preparaciones con azul-algodón-

lactofenol.

Medio de cultivo Agar-Extracto-Levadura

Agar 15 g

Dextrosa 1g

KNO₃ 0.5g

K₂ HPO₄ 1.0g

MgSO₄·7H₂O 0.2g

CaCl₂ 0.1g

NaCl 0.1g

FeCl₂ 0.01g

Extracto de Levadura 1g

Agua 1000ml

Esterilizar 15min. a 15lb