



---

**Universidad Nacional Autónoma de México**

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

“Desarrollo de *Quercus candicans* en sistema hidropónico bajo condiciones de invernadero”

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL

TÍTULO DE BIÓLOGO

**P R E S E N T A:**

MARTÍNEZ ANAYA SUSANA NABIL

Director de tesis: M. en C. José Martínez Aguilar



Los Reyes Iztacala, 2012



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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**

*Con el mayor reconocimiento por los esfuerzos realizados para que lograra terminar mi carrera profesional siendo para mí la mejor herencia agradezco...*

*A mis Padres que son los seres más maravillosos del mundo. Gracias por el apoyo moral, cariño y comprensión que desde niña me han brindado, por guiar mi camino y estar junto a mí en los momentos más difíciles. Porque sin su ayuda, no hubiese cumplido esta meta y en donde el reconocimiento es para ustedes; por sus sacrificios, desvelos, preocupaciones, sabios consejos y regaños. Por su infinito apoyo, paciencia y porque solo ustedes tienen esa manera tan especial de estar conmigo.*

*A mis hermanos, Alex y Laura que sin su apoyo, confianza y paciencia esto no sería posible. Por entender mis ausencias y mis malos momentos. A través de estas líneas quiero decirles lo mucho que los quiero.*

*A mis Amigos quienes hicieron de esta carrera toda una aventura, gracias por compartir momentos inolvidables. Rbk gracias por enseñarme que la vida se disfruta más si se va por "la línea", Blank, me enseñaste que debemos reírnos de nosotros mismos, Tomás, aprendí de tí que debemos estar orgullosos del lugar de dónde venimos, como olvidar las aventuras de Fátima, la "rudeza" del Rupert, la satisfacción de hacer algo que se desea de Kike y la confianza y apoyo en momentos difíciles de Manuel, por todo eso y más mil gracias.*

*A Miriam y Muciño, les agradezco estar conmigo desde los inicios de esta aventura.*

*A Fernanda "Tepo", te debo agradecer el permitirme entrar en tu vida y convivir en ese lugar llamado Fes Iztacala. Gracias por compartir buenos y malos momentos. Tu apoyo, tu confianza, tu paciencia y tu cariño. Como olvidar los cafés y las*

*pláticas por las mañanas, los “10 minutos”, y los logros que  
juntas alcanzamos a lo largo de la carrera.*

*Al M. en C. José Martínez Aguilar quiero agradecer el  
apoyo y confianza recibidos pese a los problemas y dificultades  
durante este proyecto.*

*Finalmente a todos aquellos contra los que mi memoria ha  
conspirado, esto también es para ustedes.*

## **Resumen**

En México los encinos forman comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas, son muy diversos y se encuentran en prácticamente toda la República. *Quercus candicans* es una especie de amplia distribución y juega un papel de suma importancia en la economía local para los habitantes cercanos a estos bosques, debido a que se obtienen productos como combustibles y madera que son utilizados para satisfacer sus necesidades en mayor o menor medida (Espejel et al. 1999). Además de su potencialidad ornamental y utilidad en la recuperación de hábitats.

En este trabajo se logró el establecimiento de *Quercus candicans* en cultivo hidropónico bajo diferentes condiciones ambientales durante 12 meses. En el cual, se mostró que las plantas en condiciones de vivero en sistema hidropónico (agrolita) presentaron mayor variabilidad en diámetro, altura y número de hojas en los meses de septiembre y octubre. Siendo los meses de noviembre y diciembre los que registraron menor variabilidad para las variables antes mencionadas.

Los resultados del ANOVA, mostraron que existen diferencias significativas entre diámetro ( $F=8.37$   $P=0.000$ ), número de hojas ( $F=51.63$   $P=0.043$ ) y altura ( $F=3.80$   $P=0.052$ ) en plantas de *Q. candicans* en diferentes sustratos y ambientes a lo largo de 12 meses.

Es importante estudiar nuevas técnicas de cultivo que ofrecen ventajas para el crecimiento y desarrollo de especies forestales, ya que existen diferencias evidentes entre plantas desarrolladas en cultivos hidropónicos y tradicionales. No obstante es urgente también la transferencia de los resultados científicos, a medidas prácticas útiles para fomentar la conservación y reintegración de encinos en su ambiente natural para la recuperación de hábitats.

## ***Abstract***

In Mexico, are very characteristic as plant communities in mountain areas, they are very diverse and located in almost all over Mexican Republic. *Quercus candicans* is a widespread species which plays an major role on local economy for those who live near these forests, because they get products like fuels and wood that are used to satisfied needs in some way (Espejel et al. 1999). In addition to its ornamental potential and the fact that it's useful in habitat recovery. This project was able to reach *Quercus candicans* establishment in hydroponics under different environmental conditions for 12 months. In which was shown that plants under hidroponics nursery conditions (perlite) showed greater variability in diameter, height and leaves number in September and October. As another result, November and December showed less variability for variables mentioned above. According to ANOVA results there are significant differences between diameter ( $F=8.37$   $P=0.000$ ), leaves number ( $F=51.63$   $P=0.043$ ) and height ( $F=3.80$   $P=0.052$ ) in *Q.candicans* plants on different substrates and environments over 12 months. It is really important to study new growing techniques that offer advantages for growth and development of forest species, because there are obvious differences between plants grown in hydroponics and the traditional way. However, it is also urgent to transfer scientific results to useful practical activities to promote conservation and reintegration of oak to recover their natural habitats.

# Índice

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>II</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS</b>	<b>VII</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>8</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>11</b>
GENERALIDADES Y PROBLEMÁTICA DE LOS ENCINOS	11
CRECIMIENTO Y NUTRICIÓN EN LOS ENCINOS	15
HIDROPONÍA	19
<i>Sustratos</i>	20
Retención de humedad	21
Capacidad de aireación en la raíz	22
Estabilidad física	22
Químicamente inerte	22
Biológicamente inerte	22
Buen drenaje	22
<i>Solución nutritiva</i>	23
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>24</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>25</b>
GENERAL	25
PARTICULAR	25
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>26</b>
QUERCUS CANDICANS	26
<i>Morfología</i>	26
<i>Usos</i>	27
<i>Distribución</i>	29
MATERIAL BIOLÓGICO	30
SISTEMA HIDROPÓNICO Y SUSTRATO	30
RIEGO	31
DISEÑO DE LA SOLUCIÓN NUTRITIVA	31
VARIABLES DE RESPUESTA	32
MODELOS Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
<b>RESULTADOS</b>	<b>33</b>
<b>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN</b>	<b>46</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>47</b>
<b>SUGERENCIAS PARA FUTURAS INVESTIGACIONES</b>	<b>48</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>49</b>
<b>APÉNDICES</b>	<b>56</b>
APÉNDICE 1	56
APÉNDICE 2.	57

## Índice de cuadros y figuras

Cuadro 1. Clasificación de los nutrimentos, identificados para el crecimiento en las plantas.....	18
Fig.1. Cultivo hidropónico.....	19
Fig.2. Sustratos sólidos: aserrines, arcillas expansivas, agrolita, carbones y cascarilla de arroz. ....	21
Fig. 3. Morfología de <i>Quercus candicans</i> . A. Ramilla, B. Bellota (cúpula y nuez), C. Tricoma estrellado de brazos cortos, D. Hoja. Tomado de Romero <i>et al.</i> 2002. ....	28
Fig.4. Distribución de <i>Q.candicans</i> en las principales cadenas montañosas en México.	29
Fig.5. Sistema de cultivo hidropónico (abierto). ....	31
Fig.6. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de <i>Q. candicans</i> desarrolladas bajo diferentes condiciones ambientales (natural y vivero). (*) Indican valores extremos. ....	34
Fig.7. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de <i>Q. candicans</i> desarrolladas en diferentes sistemas de cultivo. (*) Indican valores extremos. ....	35
Fig.8. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de <i>Q. candicans</i> desarrolladas a lo largo de 12 meses. (*) Indican valores extremos. ....	38
Fig.9. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de <i>Q.candicans</i> desarrolladas en diferentes sistemas de cultivo y ambientes. ....	39
Fig.10. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de <i>Q.candicans</i> desarrolladas a lo largo de 12 meses bajo diferentes condiciones ambientales. (*) Indican valores extremos. ....	41
Fig.11. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de <i>Q.candicans</i> desarrolladas a lo largo de 12 meses en diferentes sustratos. ....	43
(*) Indican valores extremos. ....	43
Fig.12. <i>Quercus candicans</i> en cultivo tradicional (A) y sistema hidropónico (B). ....	44
Fig.13. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de <i>Q.candicans</i> desarrolladas a lo largo de 12 meses en diferentes sustratos, tiempo y ambiente. (*) Indican valores extremos. ....	45

## ***Introducción***

Entre los diferentes tipos de vegetación en México, los encinares, tienen una amplia distribución y diversidad de especies, representan uno de los ecosistemas más importantes en el país (Rzedowski, 1978). Se caracterizan por la presencia del género *Quercus* siendo este el más numeroso de la familia Fagaceae. En el mundo existen registradas 400 o 500 especies de encino (Nixon *et al.*, 1998; Rogers y Johnson, 1998). Debido a su amplia distribución geográfica tanto a escala mundial como nacional, es un grupo muy importante en el almacenamiento de carbono, en los ciclos de agua (son participantes activos en la infiltración) y el oxígeno en la biosfera (Baes *et al.*, 1977; Woodwell *et al.*, 1978 citados por Mur, 2003). También poseen gran importancia en el reciclaje de nutrientes, ya que la mayoría de las especies del género son de hábitos caducifolios y la abscisión de sus hojas puede aportar hasta un 70% del total anual de hojarasca, dejando disponible una gran cantidad de biomasa para la descomposición (Garrido *et al.*, 1989). En los bosques dominados por encinos, la hojarasca provee otro significativo servicio ambiental que consiste en proteger al suelo de la erosión hídrica. Además, debido a su abundancia, cobertura y biomasa entre otros en las comunidades donde se presentan, éstos constituyen el hábitat y alimento de una gran cantidad de especies de plantas y animales (Figueroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000; Challenger, 2007).

Otro rasgo notable de los encinos es su adaptación a diferentes condiciones del medio como son: el relieve, la altitud, la pendiente, la exposición, el régimen climático, el tipo de roca, suelo y otros (Espejel *et al.*; 1999); a lo que se atribuye su presencia tanto en las zonas templadas como en las tropicales y subtropicales del Hemisferio Norte (Romero *et al.*, 2002; Valencia, 2004).

Los encinares junto con los bosques de coníferas contribuyen con casi una cuarta parte de la superficie forestal del país (Rzedowski, 1991; Morán-Villaseñor, 2002). Este tipo de vegetación, al igual que muchos otros, está sujeto a fuertes e históricas presiones antrópicas que repercute en su disminución y desaparición (Hernández *et al.*, 2000; Toledo *et al.*, 1989).

Para México se reconocen alrededor de 161 especies de encinos (Valencia, 2004), los cálculos más conservadores indican que un 60% de estas especies son endémicas (Mittermeier, 1995).

Las especies del género *Quercus*, en particular *Q. candicans* tiene un papel de suma importancia en la economía local para los habitantes cercanos a estos bosques, debido a que se obtienen diversos productos como son: leña, carbón, madera, entre otros que son utilizados para satisfacer sus necesidades en mayor o menor medida (Espejel et al. 1999). Es por ello que la obtención de combustible es uno de los usos más generalizados en nuestro país (Pérez et al., 2000). Aunque tanto la leña como el carbón de encino, son de los mejores combustibles vegetales, se desaprovechan usos más redituables, pues la mayoría de las especies poseen excelentes propiedades anatómicas y tecnológicas, por lo que el bajo valor agregado de la leña y carbón no justifica la transformación de valiosos arboles de grandes tallas (Pérez et al., 2000).

Este tipo de aprovechamiento de baja intensidad pero que se mantiene en el tiempo puede llegar a perturbar o disminuir considerablemente los bosques de encino (Challenger, 2007; Ramírez-Marcial, 2003; González-Espinosa et al., 2007). Además del cambio de uso de suelo y la urbanización (Granados et al. 1999; Hernández, 2000) que han propiciado la disminución y muchas veces la desaparición de esta vegetación natural.

Durante los últimos años, todas las ciencias están experimentando avances tecnológicos importantes. Afortunadamente la agricultura también se está beneficiando de toda esta revolución tecnológica; en este sentido, se ponen a disposición del agricultor variedades más competitivas y productivas que las tradicionales, nuevos materiales (sistemas de fertirrigación, materiales de cobertura, etc.) que permiten un control ambiental más exhaustivo en alguna de las fases del proceso productivo de las plantas. Junto a todos estos cambios tecnológicos se observa cómo se está sustituyendo, de manera cada vez más importante, el cultivo tradicional en suelo por el cultivo hidropónico (Abad y Noguera, 1997).

Entre las distintas razones que han ido provocando esta sustitución podrían destacarse especialmente dos: 1) la presencia cada vez mayor de factores limitantes para la continuidad de cultivos intensivos en pleno suelo (agentes fitopatógenos, salinidad, etc.) que obliga a adoptar técnicas productivas alternativas. En este sentido encaja perfectamente la problemática que están experimentando algunas zonas con una importante tradición productiva hortícola y ornamental, pero que, debido a la continuidad e intensidad de los cultivos durante bastantes años, hace que el elemento “suelo” esté enormemente degradado y tengan que adoptarse soluciones alternativas y 2) la necesidad de transportar plantas completas a distintos lugares de donde fueron cultivadas. El cultivo hidropónico ofrece control ambiental, protección contra plagas y proporciona una solución nutritiva que contiene todos los elementos necesarios para el desarrollo y crecimiento de *Quercus candicans* que podrían ser utilizados con fines de restauración, aprovechamiento de su madera, recuperación de suelos erosionados, en el diseño de áreas verdes y/o planes de reforestación

El conocimiento de *Quercus candicans*, en cultivo hidropónico es escaso, desde todos los aspectos, por tal motivo generó particular interés en esta investigación ya que el cultivo hidropónico puede ser una alternativa viable para el rápido crecimiento de estas plantas.

## **Marco teórico**

### **Generalidades y problemática de los Encinos**

Los bosques de *Quercus* o encinares son comunidades vegetales muy características de las zonas montañosas de México. De hecho, junto con los pinares constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semihúmedo (Camacho *et al.*, 2002). No se limitan, sin embargo, a estas condiciones ecológicas, pues también penetran en regiones de clima cálido, no faltan en las francamente húmedas y aun existen en las semiáridas, pero en estas últimas asumen con frecuencia forma de matorrales. Los encinares guardan relaciones complejas con los pinares, con los cuales comparten afinidades ecológicas generales, los bosques mixtos de *Quercus* y *Pinus* son muy frecuentes en el país. También se relacionan los bosques de *Quercus* con los de *Abies* y con el bosque mesófilo de montaña, así como con diversos tipos de bosques tropicales y aun con las sabanas y otros tipos de pastizales, lo cual es explicable en función de su extensa amplitud ecológica.

Hernández *et al.*, 2000 calculan que en México los bosques de *Quercus* ocupan 5.5% de la superficie del país y además asignan 13.7% a la categoría del bosque de pino y encino. El criterio que usan los mencionados autores es el de cartografiar la vegetación clímax, pero cabe recordar que los encinares, desde tiempos inmemoriales, han sido de los tipos de vegetación más afectados por el impacto del hombre, ya que ocupaban muchas áreas particularmente favorables para el desarrollo de la agricultura y porque cubrían regiones de clima atractivo para la población humana. Este tipo de vegetación se ha observado sobre diversas clases de roca madre, tanto ígneas, como sedimentarias y metamórficas, así como en suelos profundos de terrenos aluviales planos, pero tales terrenos casi en todos los casos se dedican hoy a la agricultura. No tolera, aparentemente, deficiencias de drenaje, aunque puede crecer a orillas de arroyos en tierra permanentemente húmeda.

No es rara su presencia en suelos someros de terrenos muy rocosos e inclinados o de pedregales. Típicamente el suelo es de reacción ácida moderada (pH 5.5 a 6.5), con abundante hojarasca y materia orgánica en el horizonte superficial y a menudo también a mayor profundidad. La textura varía de arcilla a arena al igual que la coloración que frecuentemente es roja, aunque puede ser amarilla, negra, café o gris.

Los encinares arbóreos de México prosperan típicamente en condiciones de clima Cw de la clasificación de Koeppen (1948), pero también se extienden hacia Cf, Cs, Cx', Af, Am, Aw y BS. La precipitación media anual varía de 350 mm (en Sonora, fide White, 1949: 237) a más de 2 000 mm en algunos lugares de la Planicie Costera del Golfo de México, pero la distribución de la gran mayoría de los encinares se halla entre las isoyetas de 600 y 1 200 mm. Las temperaturas medias anuales tienen una amplitud global de 1° a 26° C y más frecuentemente de 12° a 20° C. El número de meses secos oscila entre 0 y 9 e igualmente amplios son los límites de la humedad relativa, de la oscilación de la temperatura, etc.

La observación y la experiencia señalan que en México la convivencia de pinos y encinos en muchos casos no implica una condición de transición, ya que las comunidades mixtas son en ciertas regiones de tan vasta distribución como las puras. Por otra parte, los pinos y los encinos discrepan notablemente entre sí en cuanto a la fisonomía de la planta entera y del follaje; por lo general difieren también en su fenología y en la manera cómo influyen en la estructura del resto de la comunidad. De ahí se deduce que de las proporciones de cobertura que en un determinado lugar guarden entre sí los componentes de un bosque mixto de *Pinus* y *Quercus*, dependerá mucho su aspecto general, su comportamiento estacional, así como la composición y estructura de los estratos inferiores y de las sinusias asociadas. Aunque existen pocas observaciones sistemáticas al respecto, muchas especies mexicanas de *Quercus* son caducifolias y por extensión así se comporta gran parte de los bosques en que estas plantas son dominantes.

Sin embargo, el periodo de carencia de follaje de la mayor parte de las especies de hoja decidua es breve, con frecuencia menor de un mes y además no siempre coincidente entre una y otras, de modo que un bosque en que la dominancia se reparte entre varias especies de encinos puede conservar siempre una parte de verdor. El mismo efecto se obtiene cuando participan en la vegetación encinos perennifolios, pinos u otros árboles.

Por su fisionomía y estructura cabe distinguir dentro de los bosques de *Quercus* varios tipos de forma de vida, aunque suelen existir todas las situaciones intermedias entre un tipo y otro, no existe una separación neta entre los matorrales de *Quercus* o encinares arbustivos y los arbóreos. Para el caso de los encinos no son raras las poblaciones de individuos que miden 4 o 5 m, pero carecen de tronco único bien definido, mientras que otros que sólo tienen 2 o 2.5 m de alto pueden presentar un eje claro de ramificación primaria.

Se ha observado más de una vez que una determinada especie de *Quercus* puede comportarse tanto como planta arbórea, coma arbustiva. No debe sorprender entonces el hecho de que comunidades que unos autores llaman matorrales, constituyen bosques bajos para otros. Aunque la mayoría de los encinares mexicanos son formaciones bastante densas, no son raros los bosques de *Quercus* con árboles separados por amplios espacios cubiertos sólo por plantas herbáceas o arbustivas. En el sur y centro de México esto último ocurre casi siempre en lugares que evidentemente indican una condición de transición entre el encinar por un lado y el pastizal o matorral por el otro.

Los encinares están notablemente influidos por el tamaño de las hojas de las especies de árboles que lo forman. Así se observa que los bosques de *Quercus* que habitan áreas más secas presentan a menudo hojas chicas (categoría de microfilia de la clasificación de Raunkiaer (1934), mientras que en los encinares de climas húmedos abundan especies con hojas relativamente grandes (tamaño de mesofilia de la clasificación mencionada), aunque los mayores tamaños foliares (macro y aun megafilia) se presentan en algunos encinos que pueden calificar como propios de condiciones climáticas intermedias o más bien algo secas, como es el caso de *Q. magnoliifolia*, *Q. resinosa* y *Q. urbanii*.

Otros caracteres del follaje de *Quercus* a los que se les atribuye significado ecológico son su grosor y rigidez, rasgos que generalmente van unidos y que guardan ciertas correlaciones con el clima. La mayor parte de los encinos mexicanos tiene hoja gruesa y dura y las plantas califican como esclerófilas, lo que no ocurre en muchas de las especies de clima húmedo, por lo que cabe pensar que tales caracteres desempeñan un papel importante en la resistencia a la sequía que afecta estas plantas durante largos meses.

Resumiendo lo antes dicho, los bosques de encino son comunidades cuya altura varía entre 2 y 30 m, alcanzando en ocasiones hasta 50, generalmente son de tipo cerrado, pero también los hay abiertos y muy abiertos. Varían de totalmente caducifolios a totalmente perennifolios y el tamaño de las hojas de las especies dominantes de nanófilas a megáfilas. Pueden formar masas puras, pero es más frecuente que la dominancia se reparta entre varias especies del mismo género y a menudo admiten la compañía de pinos, así como de otros árboles.

En 1978, Rzedowski estimaba que del 50 al 67% de los bosques de coníferas y encinos habían sido transformados, y que del 20% que originalmente ocupaban en el país solo quedaba el 5% de su superficie. No obstante en el Inventario Nacional Forestal del periodo 2004-2009 SEMARNAT-CONAFOR, 2009 se señala que los bosques templados (bosques oyamel, abeto, pino, encino, mixtos de pino-encino y de otras coníferas) ocupan el 24% de la superficie forestal y que alrededor del 33% de su extensión es vegetación secundaria. Los datos publicados no permiten saber si dentro de dicho porcentaje se incluyen las áreas perturbadas, es decir, zonas forestales sometidas a cambios de uso del suelo, donde entre el 10 y 40 % de su extensión es vegetación fragmentada que se combina con zonas agrícolas y/o pastizales (Morán- Villaseñor, 2002).

En el caso particular de los bosques de *Quercus* entre el 36 y 55% se consideran comunidades secundarias o bien, “bosques abiertos” (Morán- Villaseñor, 2002; Challenger, 2007; INEGI, 2005a).

## Crecimiento y nutrición en los encinos

Las especies forestales presentan dos tipos de crecimiento: primario y secundario; el crecimiento primario tiene lugar en los meristemas apicales; en tanto que, el crecimiento secundario tiene su origen en el cambium. Por lo general, el meristema apical es el responsable del crecimiento en longitud, mientras que el cambium es el determinante del crecimiento en espesor, debido a que la división de sus células se da típicamente en los planos paralelos al eje longitudinal del tallo y de la raíz (Booner y Galstone, 1961).

En la mayoría de las especies forestales la tasa de crecimiento en altura es mayor en las primeras etapas de desarrollo, mientras que los incrementos en diámetros son relativamente mayores en etapas posteriores. El grado de desarrollo está determinado por las especies asociadas, la densidad poblacional del bosque en la localidad y la calidad del sitio (tipo de suelo, clima, precipitación, impacto de las actividades humanas y demás factores propios de sitio que pudieran afectar el desarrollo de las especies).

La tasa de crecimiento en altura en las diferentes especies varía durante una estación de crecimiento anual en altura, normalmente a mediados de junio, después de esta época presenta solo pequeños incrementos. Esta característica parece mantenerse en las especies que solo tienen una activación anual de crecimiento en altura. Especies como los encinos, completan varios periodos de crecimiento en altura durante la estación de crecimiento. El crecimiento radial anual comienza en la primera parte de la primavera y no termina hasta la última parte del verano o primera del otoño (Hocker, 1979).

El carácter perennifolio ofrece una ventaja para las especies que tienen esta característica, debido a que al no perder hojas, la capacidad fotosintética se mantiene y por ende la capacidad de continuar con los procesos de absorción y utilización de los nutrimentos, para continuar su desarrollo bajo condiciones deseables para el crecimiento en cualquier época del año.

Sin embargo, el ritmo endógeno restringe el crecimiento de las coníferas en la última parte del otoño y durante la primera parte del invierno las especies

caducifolias presentan una fotosíntesis limitada en el periodo en que brotan nuevas hojas. Las especies arbóreas que crecen en las regiones templadas tienen periodos anuales de reposo vegetativo, que se presenta durante la estación invernal, cuando las temperaturas son bajas y el fotoperiodo corto. El reposo vegetativo es un mecanismo adaptativo que han desarrollado los arboles de las regiones templadas para poder sobrevivir a la estación invernal (Hocker, 1979).

Aun que el crecimiento está definido como un incremento irreversible en tamaño, forma, peso o volumen, en ocasiones puede aparecer lo que se conoce como crecimiento negativo, el cual se asocia con cambios en la transpiración producida en las hojas, ya que durante el día, a medida que se incrementa el grado de transpiración, se incrementa la tensión en las células de la hoja y del tallo de manera que la fuerza generada es suficiente para provocar una contracción de las células, que se traduce en una reducción del diámetro del tronco, y menos apreciable quizá en la altura de la planta (Hocker, 1979).

La nutrición puede ser definida como el suministro y la absorción de componentes necesarios (nutrimentos) para el metabolismo y el crecimiento de un organismo; en tanto que, un nutriente puede ser definido como aquel elemento esencial que es requerido para el ciclo de vida de un organismo y cuyas funciones no pueden ser sustituidas por ningún otro componente químico (Mengel y Kirby, 1987).

Los efectos benéficos resultantes de agregar sustancias minerales al suelo, como ceniza de madera o limo, para mejorar el crecimiento en las plantas, se conocen por más de dos mil años; pero no fue sino hasta el siglo XIX que, gracias a las observaciones y especulaciones de Justus von Liebig, se formuló la Teoría de los elementos minerales, la cual establece que elementos como el nitrógeno, el azufre, el fósforo, entre otros, son esenciales para el crecimiento de las plantas (Marschner, 1995).

De acuerdo con lo propuesto por, Jones, 1982 y Marschner, 1995 deben ser satisfechos los requisitos siguientes para que un elemento sea considerado como nutriente:

1.- La omisión del elemento debe resultar en crecimiento anormal, en la incapacidad para completar todas las fases del ciclo de vida, o en la muerte prematura de la planta.

2.-La función del elemento debe ser específica en el metabolismo de la planta no es reemplazable por algún otro elemento.

3.- El elemento debe tener un efecto directo en el crecimiento y el metabolismo de la planta. De acuerdo con esta definición, los elementos que tengan efectos indirectos en el crecimiento y nutrición de las plantas, no son considerados como esenciales.

Con base a lo anterior han sido identificados 17 nutrimentos para el crecimiento de las plantas los cuales se dividen, de acuerdo con su concentración en la biomasa seca, en macronutrientes y micronutrientes.

Se considera micronutrientes a los elementos esenciales cuya concentración en la planta es menor a 0.1% en peso seco. Los micronutrientes presentan dos características generales que les diferencian de los macronutrientes: 1) El orden de magnitud de las concentraciones de micronutrientes en los tejidos vegetales es significativamente inferior a los de los macronutrientes y 2) los micronutrientes no participan en procesos que dependen de concentración, como los osmóticos y pH. Tampoco suelen desempeñar funciones estructurales, a excepción del boro en la pared celular.

Actualmente se consideran micronutrientes a los siguientes elementos: Hierro, Manganeso, Zinc, Cobre, Boro, Molibdeno, Cloro, Níquel. Los macronutrientes son los que están presentes en el tejido por encima del 0.1% y participan en funciones básicas en el metabolismo de las plantas y son: Carbono, Hidrógeno, Oxígeno, Nitrógeno, Fósforo, Azufre y Potasio (cuadro 1.); basados en esta definición, los siguientes elementos químicos son considerados como esenciales para las plantas:

MACRONUTRIENTES		MICRONUTRIENTES	
Carbono	C	Fierro	Fe
Hidrogeno	H	Manganeso	Mn
Oxigeno	O	Cobre	Cu
Nitrógeno	N	Zinc	Zn
Fosforo	P	Molibdeno	Mo
Azufre	S	Boro	B
Potasio	K	Cloro	Cl
Calcio	Ca	Níquel	Ni
Magnesio	Mg		

**Cuadro 1. Clasificación de los nutrimentos, identificados para el crecimiento en las plantas.**

Esta división de los nutrimentos de las plantas en macronutrientes y micronutrientes es arbitraria, porque en muchos casos las diferencias entre el contenido de un macronutriente y un micronutriente son considerablemente pequeñas (Mengel y Kirkby, 1987).

Pueden plantearse dos características generales sobre la nutrición de las plantas. Primero, todos los procesos fisiológicos en las plantas dependen finalmente de la absorción de uno o más nutrimentos en una forma apropiada para los procesos bioquímicos subyacentes, un incremento en el tamaño de los órganos de la planta y su correcto funcionamiento dependen de una apropiada disponibilidad de los nutrimentos. Segundo, el crecimiento depende de la asimilación de los nutrimentos absorbidos, de su almacenamiento y de su metabolismo en la planta (Mengel y Kirkby, 1987).

Tanto el almacenamiento como la reasimilación son fenómenos que pueden ser de importancia crítica en la sobrevivencia y buen estado físico de las plantas, en ambientes con deficiencia nutrimental o bajo circunstancias de fluctuaciones en la disponibilidad edáfica de nutrimentos.

La historia del desarrollo de los conceptos sobre requerimientos nutrimentales y los métodos usados para determinar la esencialidad de algunos elementos, los estudios de los factores que afectan la absorción, translocación, y funciones metabólicas han tenido la atención de muchos investigadores y aun hay muchas preguntas sin responder (Mengel y Kirkby, 1978; Hale y Orcutt, 1978).

Se ha mencionado que mejorar las condiciones para el crecimiento, modificando diversos factores, puede o no tener efecto dependiendo de si existe o no algún factor limitante. Si los nutrimentos no están disponibles, cuando se necesitan, en cantidades y proporciones adecuadas, el crecimiento y la productividad de la planta se verán afectados negativamente. Cada especie tiene requerimientos particulares de nutrimentos que le permitirán un crecimiento y vigor óptimos; estos requerimientos no son constantes, y cambian según las plantas crecen y se desarrollan (Mengel y Kirkby, 1978; Timmer y Armstrong, 1987).

## Hidroponía

El desarrollo de la tecnología agrícola, basada primordialmente en el uso eficiente de los recursos naturales, investiga y propone las mejores alternativas viables para la producción de cultivos. Tal es el caso del cultivo hidropónico (fig.1). La palabra hidroponía deriva del griego hidros (agua) y ponos (labor), lo que se traduce como "TRABAJO EN AGUA", sin embargo esta definición se usa en la actualidad para describir todas las formas de cultivo sin suelo ya que sin excepción tendrán que utilizar una solución nutritiva (agua + nutrientes + sustrato) (Resh,2001).



Fig.1. Cultivo hidropónico

El término "hidroponía" fue utilizado por primera vez en 1938 por el Dr. W. F. Gericke de la Universidad de California, pero se dice que los primeros textos datan del 1600, aunque también se sabe que se utilizaba éste método desde antes en Babilonia, China, India, Egipto y culturas Mayas (Flores-Rojas, 2010).

Esta técnica adquirió popularidad desde hace 50 años en algunos países del mundo, en palabras más sencillas y ajustándola a las condiciones sociales en las que se ha venido desarrollando en América Latina, la hidroponía se define como una manera fácil de cultivar hortalizas y otras plantas, utilizando espacios pequeños en zonas

urbanas o rurales (Jensen y Collins, 1985). Se comenzó a utilizar de modo comercial a partir de 1930 y en la actualidad, ésta técnica a través del avance tecnológico, se ha desarrollado de tal manera que hoy en día uno puede adquirir los materiales básicos y montar desde una sencilla instalación casera hasta una con fines comerciales sin necesidad de contar con conocimientos específicos (Resh, 1991).

El éxito de los cultivos hidropónicos se debe a que ofrecen diversas ventajas como son; mayor eficiencia en la regulación de la nutrición, utilización eficaz del agua y los fertilizantes, bajo costo en la desinfección del medio de cultivo, mayor crecimiento en menor tiempo de las plantas y mayor producción por unidad de superficie. Aun que son grandes los beneficios otorgados por este tipo de cultivos existen desventajas como por ejemplo; el alto costo de la solución nutritiva y estructura de los invernaderos, mantener el cultivo hidropónico cerca de una fuente de agua potable y por último se debe contar con conocimientos específicos acerca de la nutrición y crecimiento de las plantas.

Existen dos tipos de sistema de hidropónico, el sistema hidropónico de tipo cerrado donde la concentración iónica de la solución nutritiva, no puede controlarse por el investigador a lo largo del tiempo y el sistema hidropónico abierto, obedece a que la composición de la solución nutritiva se puede controlar totalmente por el investigador (Graves, 1983). Si se aplica un esquema conveniente de nutrición, los problemas debidos a la deficiencia de nutrientes, toxicidad, o salinidad son poco probables (Jenner, 1980).

Para estos tipos de sistemas hidropónicos también existen diversos sistemas de riego entre los más utilizados podemos encontrar: riego por goteo, sub-irrigación, NFT (sistema de flujo de capa de nutrientes o Nutrient flow Technique) y aspersión (Sarro *et al.*, 1986).

### **Sustratos**

En muchos de los cultivos hidropónicos actuales se emplea algún tipo de sustrato, tales como grava, arenas, piedra pómez, aserrines, arcillas expansivas, carbones, cascarilla de arroz, etc. (fig. 2) (Nélio, 2006). A dichos sustratos se les añade una solución nutritiva que contiene los elementos

esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo de la planta (Steiner, 1968).

Un sustrato es un medio sólido e inerte, que sirve de soporte para el desarrollo del sistema radicular de las plantas, proporcionando condiciones adecuadas para su desarrollo, las principales funciones son:

- 1.- Protege a la raíz de la luz permitiendo un buen desarrollo de esta.
- 2.- Permite que la solución nutritiva se encuentre disponible para la planta.
- 3.- Brinda soporte mecánico a la planta.



Fig.2. Sustratos sólidos: aserrines, arcillas expansivas, agrolita, carbones y cascarilla de arroz.

Desde los inicios de la hidroponía como una disciplina científica en el año de 1980, los sustratos eran considerados como materiales de gran importancia, pero estos debían de reunir una mezcla de características favorables para el cultivo (Steiner, 1961). Las propiedades generales que debe de reunir un buen sustrato son:

#### **Retención de humedad**

La retención de humedad del sustrato, determina la posibilidad que la planta tenga disponibles los nutrientes para que esta pueda realizar sus procesos metabólicos (fotosíntesis, transpiración, respiración y procesos reproductivos) (Adams, 1994). Para que esta retención de humedad se encuentre disponible va a depender mucho de su granulometría (tamaño de las partículas) y porosidad (espacio que hay entre las partículas).

### **Capacidad de aireación en la raíz**

El nivel de capacidad de aireación óptimo varía entre un 20% y un 30%, esto se define como la proporción del volumen de oxígeno que se encuentra disponible en el sustrato, después de que éste saturado de agua y haya terminado de drenar (Urrestarazu, 2000). Durante todo este proceso la raíz de nuestra planta debe tener una respiración adecuada y por ello es importante elegir un sustrato con estructura estable, muy poroso y la aireación complementaria de la solución, ya que de esta forma evitaremos el peligro de la falta de oxígeno en la zona radicular (raíces); por lo antes mencionado se considera que los sustratos utilizados en hidroponía proporcionan mayor oxigenación en comparativa a la obtenida en suelos naturales.

### **Estabilidad física**

La compactación y descomposición del sustrato puede causar una reducción en el espacio poroso y en la capacidad de aireación a lo largo del cultivo. Es por ello que la estabilidad de las propiedades físicas son de vital importancia en cultivos de larga duración. Los sustratos más inadecuados son aquellos que se desmoronan fácilmente con la acción del agua (Rincón, 1997).

### **Químicamente inerte**

No debe suministrar ningún elemento nutritivo, puesto que esto representaría una alteración en la solución nutritiva (Moreno, 1999).

### **Biológicamente inerte**

El sustrato hidropónico debe ser a diferencia del suelo, un medio carente de actividad biológica; en este sentido, cualquier presencia de microorganismos o insectos tendría un carácter contraproducente ya que puede causar daños, infecciones o enfermedades a nuestros cultivos (Resh, 1991).

### **Buen drenaje**

Todo tipo de recipiente y de sustrato que se estén utilizando, deberá permitir un buen drenaje. Cuando una planta hidropónica requiere una mayor cantidad de solución nutritiva o agua, debemos aplicar mayor cantidad de riegos, pero nunca debemos de inundar el sustrato, ya que esto va contra la disponibilidad del oxígeno (Marschner, 1995).

## **Solución nutritiva**

El cultivo sin suelo, es la técnica que más se utiliza para producir hortalizas en invernadero. Este sistema de producción requiere un continuo abastecimiento de nutrimentos, el cual se suministra por medio de una solución nutritiva (SN) que contiene los elementos esenciales para el óptimo desarrollo de los cultivos (Resh, 2001). El conocimiento de cómo preparar y manejar la SN permite aprovecharla al máximo, para así obtener un mayor rendimiento de los cultivos y una mejor calidad de los frutos. Por lo tanto, es indispensable conocer los aspectos fundamentales para preparar una SN: el pH, la concentración iónica total (presión osmótica), determinada mediante la conductividad eléctrica; la relación mutua entre aniones, la relación mutua entre cationes, la concentración de amonio, la temperatura y el oxígeno disuelto (Bennett, 1997).

Una solución nutritiva está definida como el sistema homogéneo donde los nutrimentos necesarios para la planta están solubles, generalmente, en forma iónica y en proporciones adecuadas. (Nélio, 2006).

En sistemas hidropónicos abiertos, la SN debe suministrarse a la planta dos o tres veces al día. En sistemas cerrados (con reciclaje de la SN), es necesario realizar al menos dos riegos. La planta es la que determina la frecuencia de los riegos, según la acumulación de follaje, las condiciones ambientales y la capacidad de retención del sustrato, entre otros factores (Rincón, 1997).

Cuando el cultivo está en una solución sin sustrato o sin movimiento, generalmente se utiliza la SN al 50 ó 100 % de su concentración original. Para esta técnica de producción es indispensable contar con una fuente de oxigenación. Éste es uno de los motivos por los que, en la actualidad, se prefieren sustratos porosos (por su aporte de oxígeno).

Por lo general, el cultivo en soluciones es útil para la investigación, ya que elimina el efecto del sustrato o posible contaminación de la solución con los elementos que provienen de los sustratos (De Rijck y Schrevens, 1998).

En los sistemas cerrados es necesario dar seguimiento a la concentración de los nutrimentos y renovar o cambiar la SN, debido a que ésta no puede renovarse indefinidamente por la acumulación de sales (mayor absorción de agua que de nutrimentos) y por la acumulación de compuestos orgánicos liberados por las raíces de las plantas (al realizar la absorción de nutrimentos y mantener el balance electroquímico), lo que puede causar presencia de patógenos. Lo recomendable, en estos casos, es cambiar la SN semanalmente, o reponer aquellos nutrimentos que se encuentren en una concentración menor del 50 % con respecto a la concentración original (Steiner, 1968).

## ***Antecedentes***

John Woodward (1699), descubrió que no solo el agua sino también el suelo proveía las sustancias nutritivas a las plantas; sin embargo, fue hasta los 1800's, con los avances en la química, que se pudo ahondar en la naturaleza de dichas sustancias nutritivas aislándolas como minerales. Los requerimientos nutrimentales varían según la especie forestal y es esencial su conocimiento para el diseño y aplicación de soluciones nutritivas. Dentro de los nutrimentos requeridos en altas cantidades por estas especies son el nitrógeno, el fósforo y el potasio; el suministro de estos debe diseñarse con base en pruebas experimentales que combinen los niveles óptimos de N, P y K obtenidos de las curvas de abastecimiento nutrimental.

De Saussure (1804), expuso el principio en que las plantas están compuestas por elementos químicos obtenidos del agua, suelo y aire, en 1851 Boussingault comprobó este principio. En ese siglo, Knop y Sachs (1861 y 1869, respectivamente) lograron el cultivo de plantas en soluciones de agua que contenían solo los minerales determinados con anterioridad; así, fue que surgió lo que se conoce como *nutricultura* (cultivo nutrimental). Estas primeras investigaciones demostraron que se podía conseguir un crecimiento normal de las plantas sumergiendo sus raíces en una solución que tuviese sales de N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B y Cl, elementos químicos esenciales conocidos actualmente como nutrimentos (Resh, 2001; Mengel y Kirby, 1987).

Zarate-Quiroga (2002), evalúa el rendimiento de *Quercus humboldtii* en condiciones de interacción micorrizas ectotróficas-humus en hidroponía de soporte sólido (viruta de madera) a través del análisis de biomasa, encontrando las condiciones necesarias para establecer en hidroponía el inóculo ectomicorrizico en medio líquido de *Quercus humboldtii*.

Gama-Castro y Reyes (1995), hicieron una caracterización de la variación del medio donde se distribuyen a nivel nacional los bosques de encino y encino-pino; para ello ejemplifica la variación de los factores del medio donde crecen, usando como referencia cuatro especies de amplia distribución (*Q. laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. castanea* y *Q. candicans*.). Encontrando que la variación en profundidad, drenaje, textura, retención de humedad y permeabilidad son determinantes en la distribución de los encinos, así como en la variación anatómica de la madera.

Flores-Rojas (2010), determinó las dosis óptimas de NPK en especies de interés económico y forestal en cultivo hidropónico obteniendo para *Pinus cembroides*; 12.0-4.2-3.3, *Fraxinus uhdei*; 9.3-2.5-2.0, *Cupressus lusitánica* y *C. sempervirens*; 4.0-2.5-2.0, sugiriendo así que las tasas de crecimiento relativo en estas especies dependen de las dosis adecuadas de NPK disueltas en el cultivo hidropónico.

## **Objetivos**

### **General**

- Analizar el crecimiento de *Quercus candicans* en cultivo hidropónico y tradicional.

### **Particular**

- Establecer plantas de *Quercus candicans* en cultivo hidropónico y tradicional.
- Evaluar y determinar el crecimiento de plantas de *Quercus candicans* en cultivo hidropónico y tradicional.

## **Metodología**

La presente investigación se llevo a cabo en el invernadero del laboratorio de Biología Experimental (T.E.L.E.) dentro de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, ubicada en Av. de los Barrios # 1, municipio de Tlalnepantla de Baz, en el Estado de México.

### **Quercus candicans**

#### **Morfología**

Es un árbol de hasta 15 m de alto y su tronco puede medir hasta 1 m de diámetro, se asocia con *Clethra* en altitudes entre 2000 y 2600 m (Romero et al., 2002). Presenta ramillas (1.5-)2 3(-3.5) mm diámetro; con abundante pubescencia amarilla que disminuye con el tiempo, con lenticelas de 1-3 mm de largo, visibles en ramillas con la pubescencia disminuida; yemas ovoides de color castaño, de (2-)3-5(-6) mm de largo, con escamas pilosas; estipulas lineares de 10-15 mm de largo, deciduas; hojas jóvenes algo lustrosas, haz con abundantes tricomas estrellados cortos y tricomas simples dispersos, envés con pubescencia densa blanca semejante a la de las hojas maduras; hojas maduras coriáceas y gruesas, obovadas, lamina (3.5-)5-19(-23.5) x 3-11(-14) cm, ápice obtuso o agudo, aristado, base subcordada a truncada a estrecha hacia el peciolo, borde revoluto, cartilaginoso, conspicuamente dentado o dientes mal definidos, hasta con 25 aristas de cada lado distribuidas en las 2/3 partes superiores de la hoja, aristas hasta de 5 mm de largo; nervaduras 8 a 14 cada lado, recatas o ligeramente ascendentes pasando directamente al diente; haz lustroso de color verde oscuro, con tricomas estrellados y muy dispersos, pero abundantes en la nervadura central cerca del peciolo, las nervaduras más finas forman un retículo blanco, nervaduras primaria y secundarias ligeramente elevadas; envés con indumento denso blanco que con el tiempo se amarillenta, formada con tricomas estrellados con muchos rayos, sésiles y pueden presentar un corto estípite; epidermis ampulosa, papilosa, nervaduras elevadas Peciolo (3-)10-15(-20) x 0.5-1.5 mm con abundante pubescencia amarilla o rojiza; amentos masculinos laxos, perianto de 2.5-3 mm diámetro., pilosos en la

parte externa y en el lugar de inserción de los estambres, anteras exsertas de 1.5 mm de largo apendiculadas, filamentos de 2.5 cm de largo; fruto anual o bianual solitario o en pares sobre pedúnculos de 15 mm de largo, pubescente; cúpula hemisférica de 19-23 mm de diámetro, borde recto, escamas gruesas, con pubescencia corta y muy abundante, ápices redondeado a agudo, glabros; bellota de 20 mm de largo, de 17 mm diámetro, anchamente ovoide, incluida un tercio de su largo en la cúpula (fig. 3).

Reconocimiento. Se reconoce por sus hojas con dientes aristados, haz verde lustroso y envés con pubescencia blanca.

Fenología: Inicia su floración en mayo y su fruto alcanza la madurez en el mes de noviembre (Romero et al., 2002).

### **Usos**

A nivel nacional, la madera de encino ocupa el segundo lugar de aprovechamiento y los usos a los que se destina principalmente son: celulosa (54%), escuadría (30%), leña (7%) y carbón (6%) (De la Paz Pérez *et al.*, 2000). Si bien el uso maderable y los derivados de los encinos son ampliamente reconocidos, por el contrario su utilidad no maderable o no leñosa ha sido poco valorada, no obstante que en diversas comunidades étnicas y mestizas del país la obtención y elaboración de diversos productos medicinales o alimenticios forman parte de su cultura. Este hecho se constata al encontrar registro del uso de los encinos con fines medicinales en el código de la Cruz-Badiano (de la Cruz y Badiano, 1991).

En estudios de usos no maderables, se reporta para *Q. candicans* usos como medicinal, alimenticio, forraje y artesanal. En comunidades en los estados de Oaxaca, Chiapas, Michoacán y Veracruz (Espejel, *et al* 1999). Su corteza se usa para dolor de muelas, su efecto dura hasta quince días (de la Cruz y Badiano, 1991). Se ha propuesto su uso para muebles y gabinetes de alta calidad ebanística, chapa fina, pisos para residencias, marcos para puertas y ventanas, cajas de empaque, cofres, mangos y cabos de herramientas e implementos agrícolas. (Romero et al., 2002).

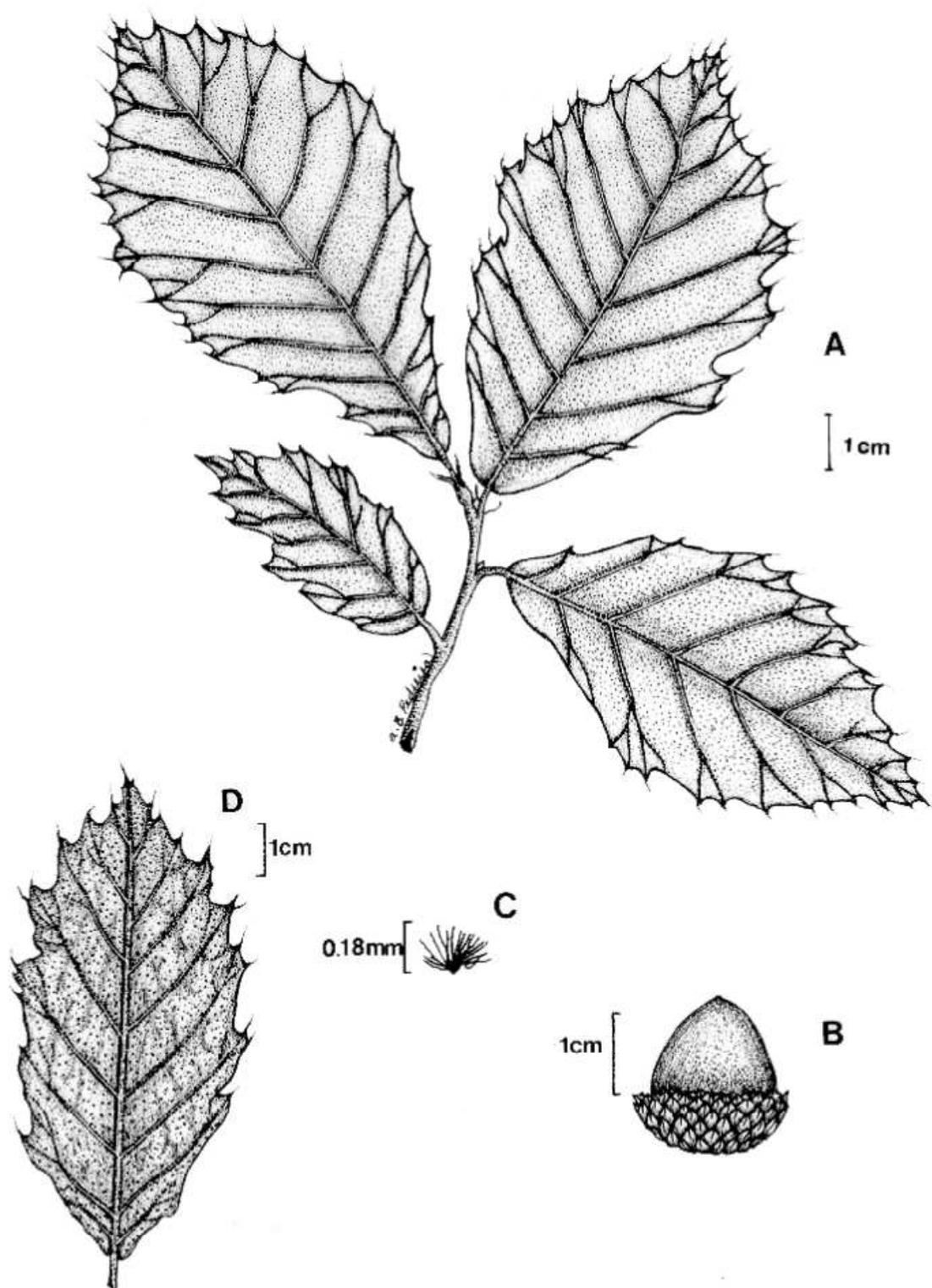


Fig. 3. Morfología de *Quercus candicans*. A. Ramilla, B. Bellota (cúpula y nuez), C. Tricoma estrellado de brazos cortos, D. Hoja. Tomado de Romero *et al.* 2002.

## Distribución

*Quercus candicans* se distribuye en México y Guatemala por lo que puede considerarse una especie de amplia distribución. En el país se encuentra presente de manera escasa o abundante en bosques de *Quercus*, *Quercus-Pinus* y bosque mesófilo de montaña. Esta especie (*Quercus candicans*) se distribuye principalmente a lo largo de los sistemas montañosos: Sierra Madre Occidental (Sonora, Chihuahua, Sinaloa, Nayarit), Sierra Madre Oriental (Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, San Luis Potosí, Hidalgo), Sierra Madre del Sur (Jalisco, Michoacán, Guerrero, Colima y Oaxaca) y la Sierra de Chiapas (Chiapas y Guatemala) (fig.4), así como a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal (Gama-Castro y Reyes, 1995).



Fig.4. Distribución de *Q.candicans* en las principales cadenas montañosas en México.

## **Material biológico**

Se evaluaron 80 plantas de *Quercus candicans* de un año de edad que fueron donadas por el vivero del Laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos de México de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

## **Sistema hidropónico y sustrato**

Las 80 plantas de *Quercus candicans* fueron trasplantadas a cuatro sistemas de cultivo, dos sistemas de cultivo tradicional (suelo) y dos sistemas hidropónicos, con 20 plantas respectivamente. Los sistemas de cultivo fueron elaborados con 2 tubos de pvc (4") de 2 m de largo con un conector de 90 cm y con 20 incrustaciones de tubos de pvc (4") de 30 cm de altura, en donde fueron colocadas las plantas. Utilizando para dos de los sistemas tierra como sustrato para emular un cultivo tradicional. En el cultivo hidropónico de tipo abierto fue utilizada agrolita como sustrato, obedeció a su nulo aporte nutrimental (inerte), buena aireación, drenaje, bajo costo y alta retención de humedad. Cabe mencionar que las condiciones ambientales fueron diferentes para dos de los cuatro sistemas, ya que un sistema de cultivo tradicional y un sistema hidropónico estuvieron bajo condiciones de vivero (invernadero) y los otros dos sistemas restantes estuvieron en condiciones de ambiente (natural) (fig.5).

## Sistema de cultivo hidropónico (abierto).

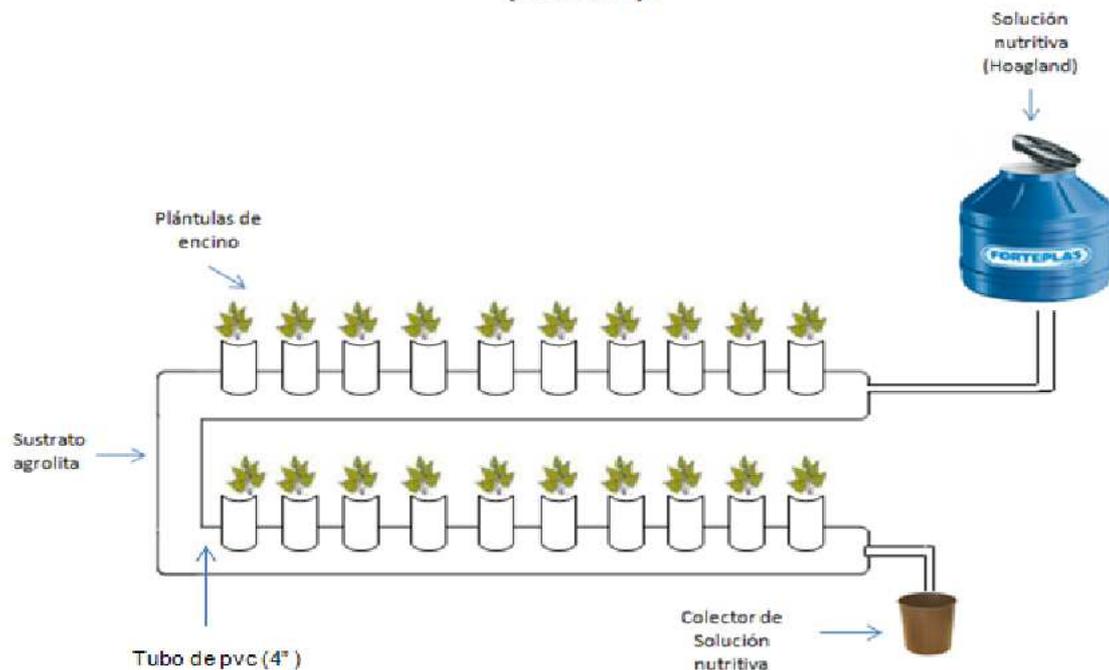


Fig.5. Sistema de cultivo hidropónico (abierto).

### Riego

El tipo de riego que se utilizó fue sub-irrigación, el cual se elaboró con un recipiente de 200 L y solución nutritiva Hoagland a su vez conectado con una manguera de 1 m con el sistema hidropónico (fig.5). El sistema de riego para el cultivo tradicional se hizo el riego similar que en el sistema hidropónico solo que aquí se utilizó agua corriente en el recipiente de 200 L.

### Diseño de la solución nutritiva

La solución utilizada en el cultivo hidropónico se realizó conforme a lo descrito por Hoagland (1950). (Apéndice 1)

## **Variables de respuesta**

Se registraron datos mensuales de incrementos en diámetro a la base del tallo, altura total y número de hojas. La altura de la planta se registró a partir del nivel del sustrato y hasta la base de la yema apical, para ello se utilizó un vernier con aproximación de 0.1 mm. En tanto que el diámetro de la planta se midió a partir del cuello de la raíz utilizando un vernier, con aproximación a 0.05 mm. Se realizó también el registro de número de hojas por planta, colocando una marca visible para disminuir errores en la toma de datos.

## **Modelos y análisis estadístico**

Una vez obtenidos los datos de diámetro (a la base del tallo), altura (de la base del tallo a la yema apical) y número de hojas fueron procesados mediante un análisis descriptivo e inferencial. En el caso del análisis descriptivo se calculó: media, error estándar, desviación estándar, mínimo, máximo y cuartiles (Q1, Q2 (mediana) y Q3).

Estos cálculos fueron realizados tomando en cuenta sustrato, ambiente y tiempo. En cuanto al análisis inferencial se realizó para saber si existían diferencias significativas entre las variables, se utilizó un análisis de varianza factorial (3 factores) tomando en cuenta sustratos, ambiente y tiempo.

Los análisis antes mencionados fueron realizados con la ayuda del paquete estadístico Minitab versión 15.

## **Resultados**

Los resultados de análisis de crecimiento para las variables altura, diámetro y número de hojas de la especie evaluada se presentan a continuación, mostrándose en el Apéndice 1 los valores correspondientes al análisis descriptivo e inferencial.

Los datos obtenidos de diámetro en la planta de *Q. candicans* en diferentes condiciones; invernadero y ambiente, muestran medianas con valores similares 3.08 mm, 3.38 mm respectivamente, encontrando también mayor variabilidad en los diámetros de la planta en vivero (invernadero), esta variabilidad se mantuvo entre el valor mínimo de 2.0 mm y valor máximo de 6.1 mm. Con respecto a la altura, se muestra una menor variabilidad en las plantas establecidas en ambiente, en contraste con las plantas de vivero (invernadero) que obtuvieron mayor variabilidad y valor mínimo de 13.5 cm y valor máximo de 21.7 cm. Las plantas en ambiente obtuvieron valor mínimo de 12.8 cm y valor máximo de 20.1 cm. En cuanto al número de hojas se observa que hay una mayor variabilidad de datos registrados en las plantas colocadas en vivero (invernadero), logrando obtener valor mínimo de 0 y valor máximo de 20. (fig. 6).

Los resultados del ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre diámetro, ( $F=97.34$   $P=0.000$ ) altura ( $F=12.27$   $P=0.000$ ) y número de hojas ( $F=7.27$   $P=0.007$ ) en plántulas bajo diferentes condiciones ambientales.

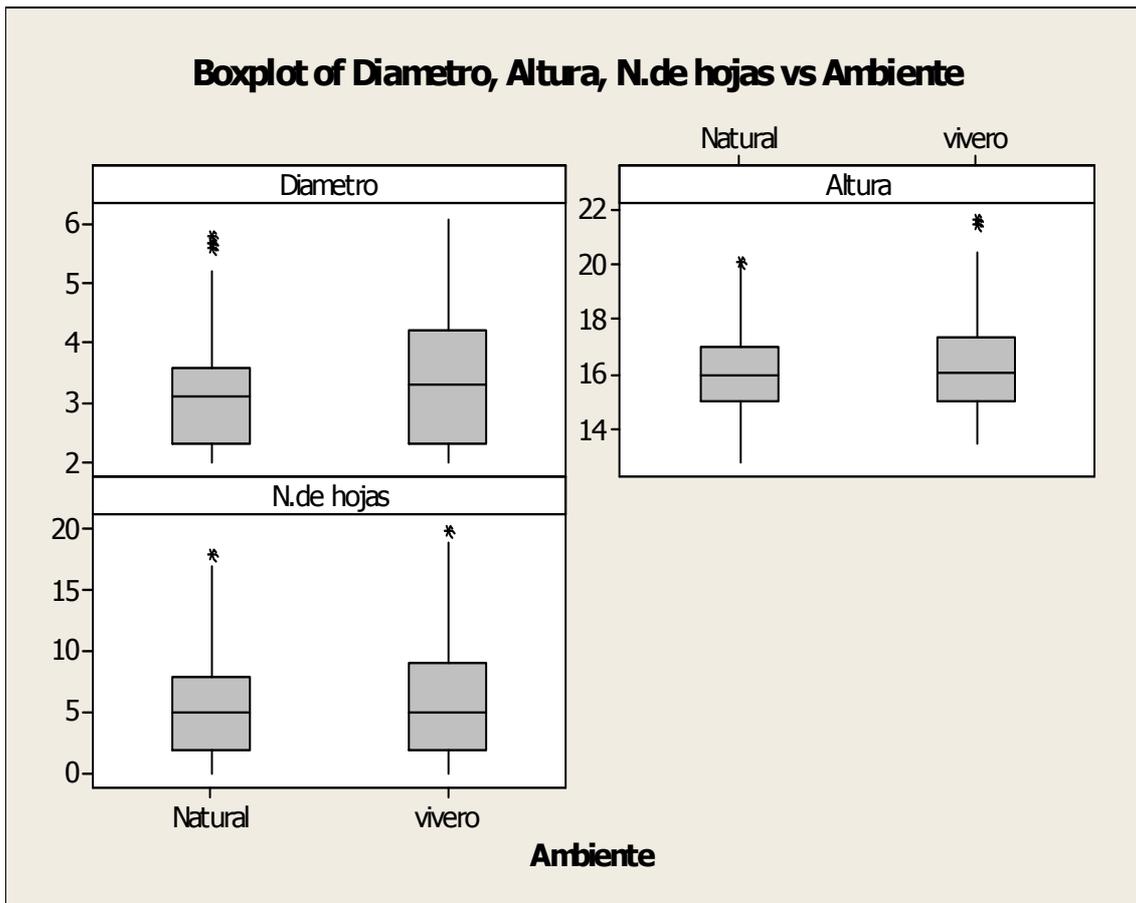


Fig.6. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de *Q. candicans* desarrolladas bajo diferentes condiciones ambientales (natural y vivero). (\*) Indican valores extremos.

Se muestra en la fig. 7 que los datos obtenidos de diámetro en las plantas de *Q. candicans* en diferentes sistemas de cultivo, hidropónico (agrolita) y tradicional (suelo), muestran medianas con valores similares 3.17 mm y 3.29 mm respectivamente. Encontrando mayor variabilidad en los diámetros de las plantas en suelo, esta variabilidad se mantuvo entre el valor mínimo de 2.0 mm y valor máximo de 5.8 mm. Con respecto a la altura, se muestran medianas con valores similares 16 cm y 16.2 cm respectivamente y una mayor variabilidad en las plantas en sistema hidropónico, obteniendo un valor mínimo de 12.8 cm y valor máximo de 21.7 cm, en contraste con las plantas en suelo que obtuvieron menor variabilidad y obtuvieron valor mínimo de 13.5 cm y valor máximo de 20.1 cm.

En el número de hojas se observa que hay una mayor variabilidad de datos en las plantas colocadas en suelo, logrando obtener valor mínimo de 0 y valor máximo de 18. Las plantas colocadas en sistema hidropónico obtuvieron menor variabilidad, valor mínimo de 0 y valor máximo de 20.

Los resultados del ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre diámetro ( $F=15.02$   $P=0.000$ ) y número de hojas ( $F=34.36$   $P=0.000$ ) no así en el caso de los datos obtenidos para la altura de las plantas en diferentes sistemas de cultivo ( $F=1.13$   $P= 0.289$ ).

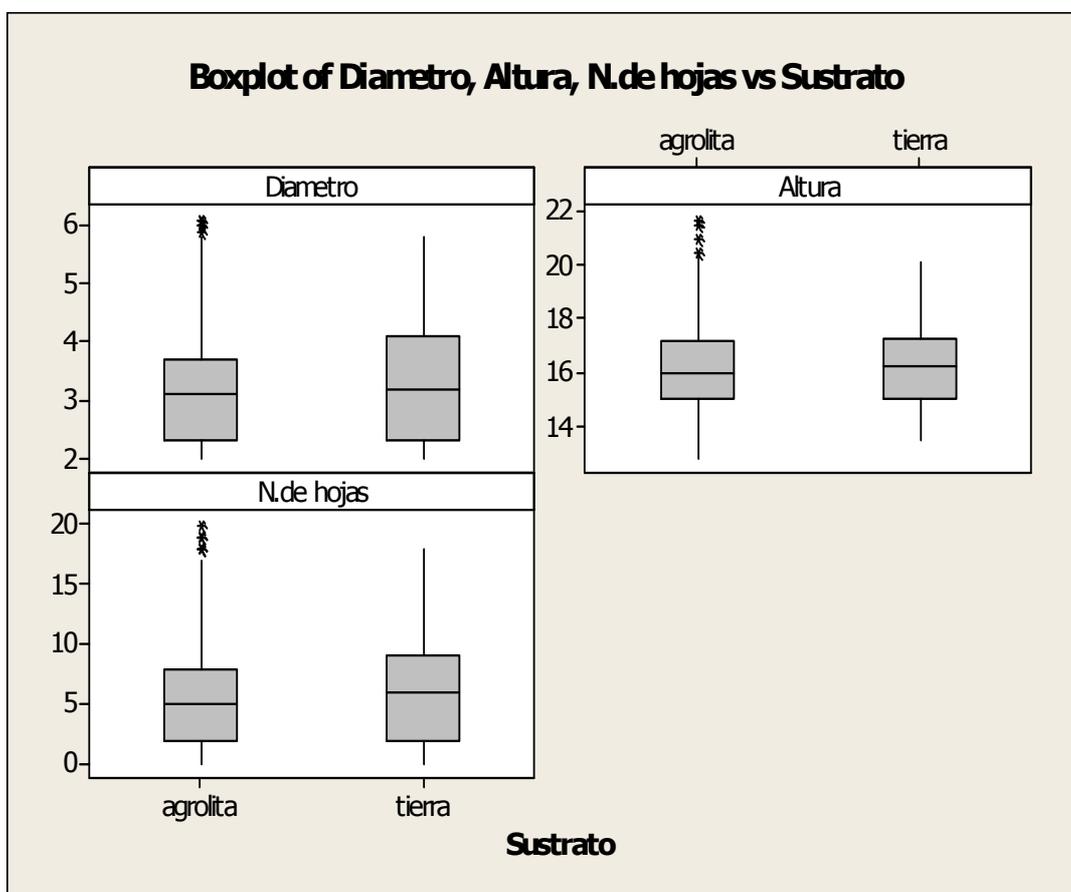


Fig.7. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de *Q. candicans* desarrolladas en diferentes sistemas de cultivo. (\*) Indican valores extremos.

Se observa en la fig. 8 que los datos obtenidos de diámetro en las plantas de *Q. candicans* que obtuvieron mayor variabilidad fueron en los meses de septiembre y octubre, registrando medianas con valores de 4.6 mm y 4.7 mm respectivamente. Esta variabilidad se mantuvo entre el valor mínimo de 3.3 mm y valor máximo de 6.1 mm. Entendiendo variabilidad como una modificación que experimentan las variables de las especies biológicas. Siendo los meses de noviembre y diciembre donde se encontró menor variabilidad en los datos registrados que se mantuvieron entre 2.0 mm valor mínimo y valor máximo de 3.2 mm y medianas con valores de 2.0 mm y 2.1 mm correspondiente a cada mes. En cuanto a la altura, se registro mayor variabilidad en los meses de Septiembre y octubre encontrando medianas con valores similares 17.6 cm y 17.7 cm respectivamente. La variabilidad de los datos registrados se mantuvo entre valor mínimo de 14.2 cm, valor máximo de 21.5 cm, valor mínimo de 14.3 cm y valor máximo de 21.7 cm respectivamente. En contraste con los meses de noviembre y diciembre que registraron menor variabilidad obteniendo valor mínimo de 12.8 cm y valor máximo de 18.3 cm. En el número de hojas se observan medianas con valores similares, 10 hojas para el mes de noviembre y 12 hojas en el mes de octubre. Encontrando también mayor variabilidad de datos en el mes de octubre, logrando obtener valor mínimo de 6 hojas y valor máximo de 20 hojas.

Los resultados del ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre diámetro, ( $F=266.86$   $P=0.000$ ) altura ( $F=65.99$   $P=0.000$ ) y número de hojas ( $F=567.33$   $P=0.000$ ) en plantas de *Q.candicans* a lo largo de 12 meses.

Los datos obtenidos de los diámetros en plantas de *Q. candicans* desarrolladas bajo condiciones de vivero (invernadero) y en sistema hidropónico registraron una mediana de 3.3 y una mayor variabilidad con respecto a las plantas establecidas en sistema hidropónico en condiciones naturales (ambiente) . Esta variabilidad se mantuvo entre el valor mínimo de 2.0 mm y valor máximo de 6.1 mm. Las plantas establecidas en suelo tanto en vivero (invernadero) como en ambiente obtuvieron valores poco distantes, mediana de 3.3 y 3.2 respectivamente, valor mínimo de 2.0 mm y valor máximo de 5.8 mm para ambas condiciones ambientales (fig. 9).

En cuanto a los valores registrados en la altura de las plantas se muestran medianas con valores de; natural (ambiente)-sistema hidropónico 15.8 cm, natural (ambiente)-suelo 16.4 cm, vivero (invernadero)-sistema hidropónico 16.2 cm y vivero (invernadero)-suelo 16.0 cm. También se observa en la fig. 9 mayor variabilidad en los datos registrados en las plantas establecidas en vivero (invernadero)-sistema hidropónico indicando valor mínimo de 13.8 cm y valor máximo de 21.7 cm con una mediana de 16.2 cm. Las plantas establecidas en natural (invernadero)-sistema hidropónico fueron las que presentaron menor variabilidad del total de plantas mostrando un valor mínimo de 12.8 cm y valor máximo de 18.8 cm con una mediana de 15.8 cm. El número de hojas presento mayor variabilidad en las plantas de suelo-natural (ambiente) registrando valor mínimo de 0 y valor máximo de 18 con una mediana de 6 hojas.

Los resultados del ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre diámetro, ( $F=65.24$   $P=0.000$ ) altura ( $F=58.83$   $P=0.000$ ) y número de hojas ( $F=413.03$   $P=0.000$ ) en plántulas de *Q.candicans* en diferentes ambientes y sustratos.

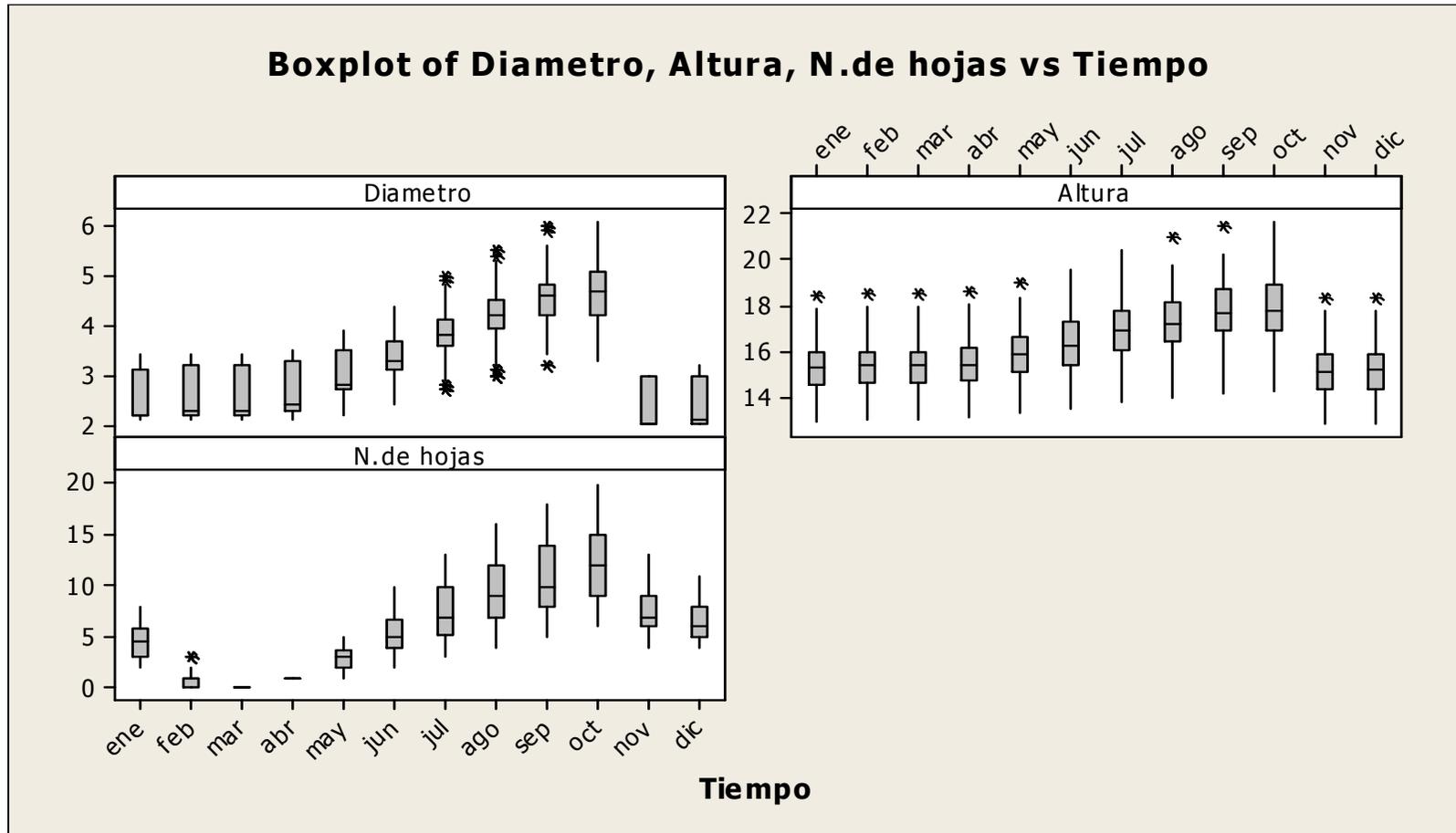


Fig.8. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de *Q. candicans* desarrolladas a lo largo de 12 meses. (\*) Indican valores extremos.

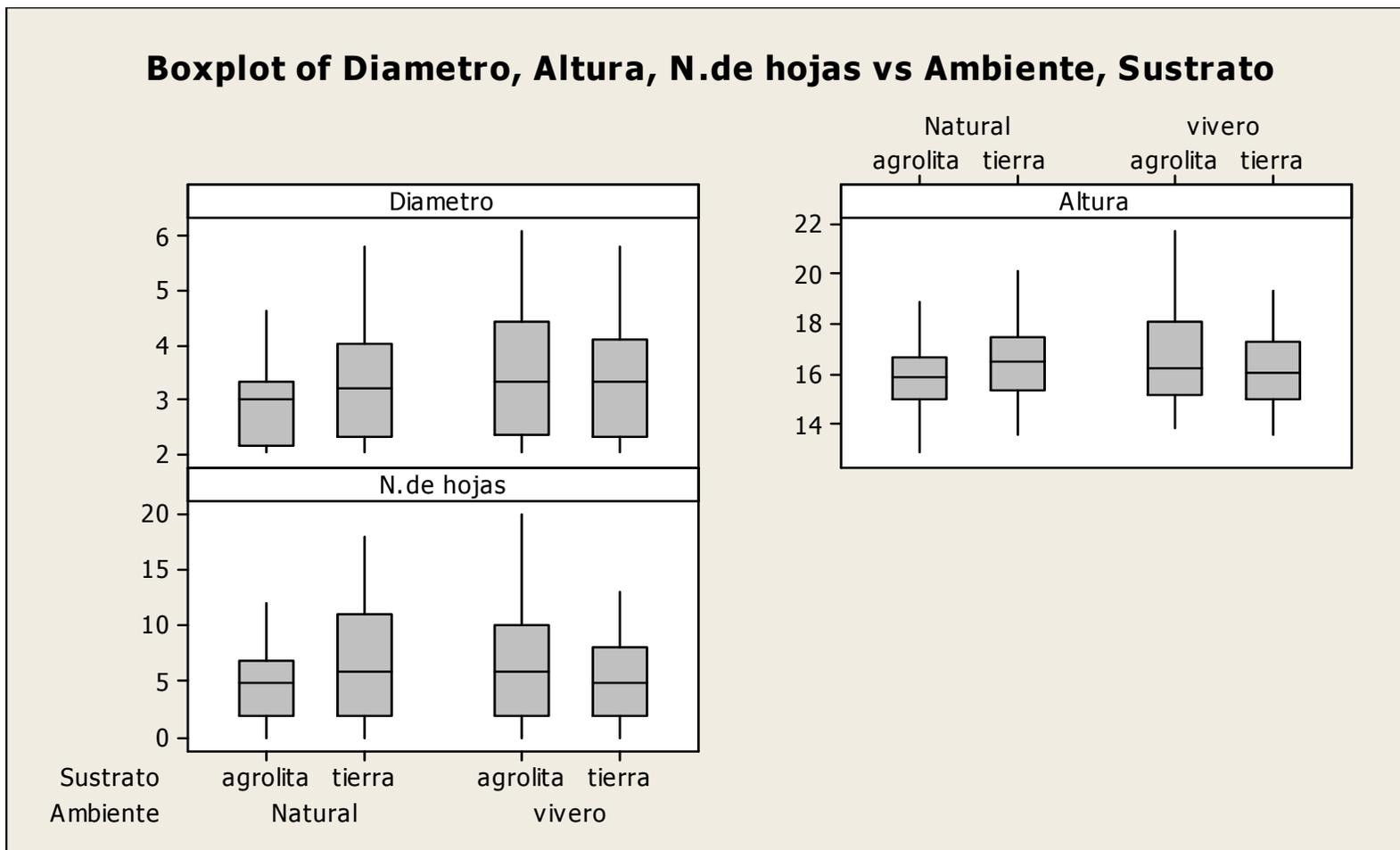


Fig.9. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de *Q.candicans* desarrolladas en diferentes sistemas de cultivo y ambientes.

Se observa en la fig. 10 que los datos obtenidos de diámetro en las plantas de *Q. candicans* con mayor variabilidad fueron registrados en los meses de septiembre y octubre tanto en vivero (invernadero) como en ambiente. Esta variabilidad se mantuvo entre los valores para plantas en septiembre-vivero (invernadero); mediana de 4.7 mm, valor mínimo de 3.8 mm y valor máximo de 6.0 mm en octubre-vivero (invernadero); mediana de 4.9 mm, valor mínimo de 3.9 mm y valor máximo de 6.1 mm en septiembre-natural (ambiente); mediana de 4.2 mm, valor mínimo de 3.2 mm y valor máximo de 5.7 mm en octubre-natural (ambiente); mediana de 4.3 mm, valor mínimo de 3.3 mm y valor máximo de 5.8 mm. Siendo los meses de noviembre y diciembre donde se encontró menor variabilidad en los datos de diámetro en las plantas en diferentes ambientes. Los datos que se registraron para las condiciones antes mencionadas se mantuvieron entre 2.0 mm valor mínimo, valor máximo de 3.2 mm y mediana con valores de 2.0 mm y 2.1 mm correspondiente a cada mes. La altura en las plantas establecidas en diferentes condiciones a lo largo de 12 meses muestra un crecimiento similar en todos los meses a excepción de noviembre y diciembre en los cuales se vio disminuida debido a la temporada invernal. El número de hojas se mostro reducido en los meses de marzo y abril. Por el contrario en los meses de septiembre y octubre se registraron los datos con mayor variabilidad para ambas condiciones ambientales.

Los resultados del ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre diámetro ( $F=8.00$   $P=0.000$ ) y número de hojas ( $F=1.84$   $P=0.043$ ) no así para la altura ( $F=1.79$   $P=0.052$ ) en plantas de *Q.candicans* en diferentes ambientes y tiempos.

### Boxplot of Diametro, Altura, N.de hojas vs Ambiente, Tiempo

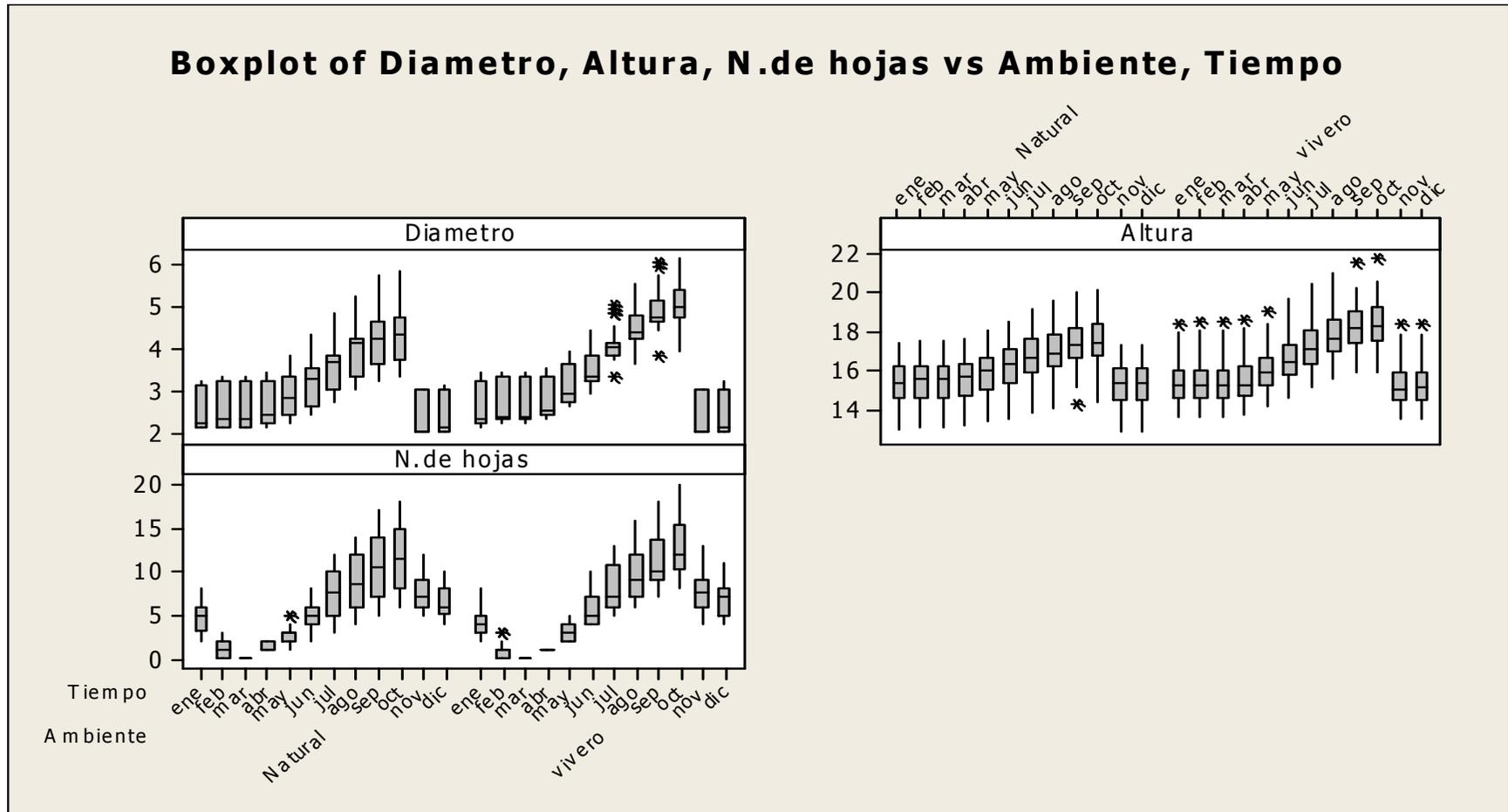


Fig.10. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de *Q.candicans* desarrolladas a lo largo de 12 meses bajo diferentes condiciones ambientales. (\*) Indican valores extremos.

Se observa en la fig. 11 que los datos obtenidos de diámetro en las plantas de *Q. candicans* con mayor variabilidad fueron registrados en los meses de septiembre y octubre en sistema hidropónico. Esta variabilidad se mantuvo entre los valores para plantas en septiembre-sistema hidropónico; mediana de 4.5 mm, valor mínimo de 3.2 mm y valor máximo de 6.0 mm en octubre-sistema hidropónico; mediana de 4.7 mm, valor mínimo de 3.3 mm y valor máximo de 6.1 mm. Siendo los meses de noviembre y diciembre en ambos sistemas (hidropónico y tradicional) donde se encontró menor variabilidad en los datos de diámetro en las plantas. Los datos que se registraron para las condiciones antes mencionadas se mantuvieron entre 2.0 mm valor mínimo, valor máximo de 3.2 mm y mediana con valores de 2.0 mm y 2.1 mm correspondiente a cada mes. Las medianas a lo largo de los 12 meses mostraron una tendencia ascendente siendo los meses de septiembre y octubre donde se registraron los valores más altos. En cuanto a la altura en las plantas establecidas en diferentes sistemas de cultivo a lo largo de 12 meses se muestra un crecimiento similar en todos los meses a excepción de noviembre y diciembre en los cuales la altura se vio disminuida debido a la temporada invernal. El número de hojas se vio reducido en los meses de marzo y abril. Por el contrario en los meses de septiembre y octubre se registraron los datos con mayor variabilidad para ambos sustratos.

Los resultados del ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre, número de hojas ( $F=2.81$   $P=0.001$ ) en plantas en diferentes sistemas de cultivo a lo largo de 12 meses. Estos resultados también indican que no hay diferencias significativas entre diámetro ( $F=0.58$   $P=0.846$ ) y altura ( $F=0.08$   $P=1.000$ ) en plantas de *Q.candicans* en diferentes sustratos desarrolladas durante 12 meses.

### Boxplot of Diametro, Altura, N.de hojas vs Sustrato, Tiempo

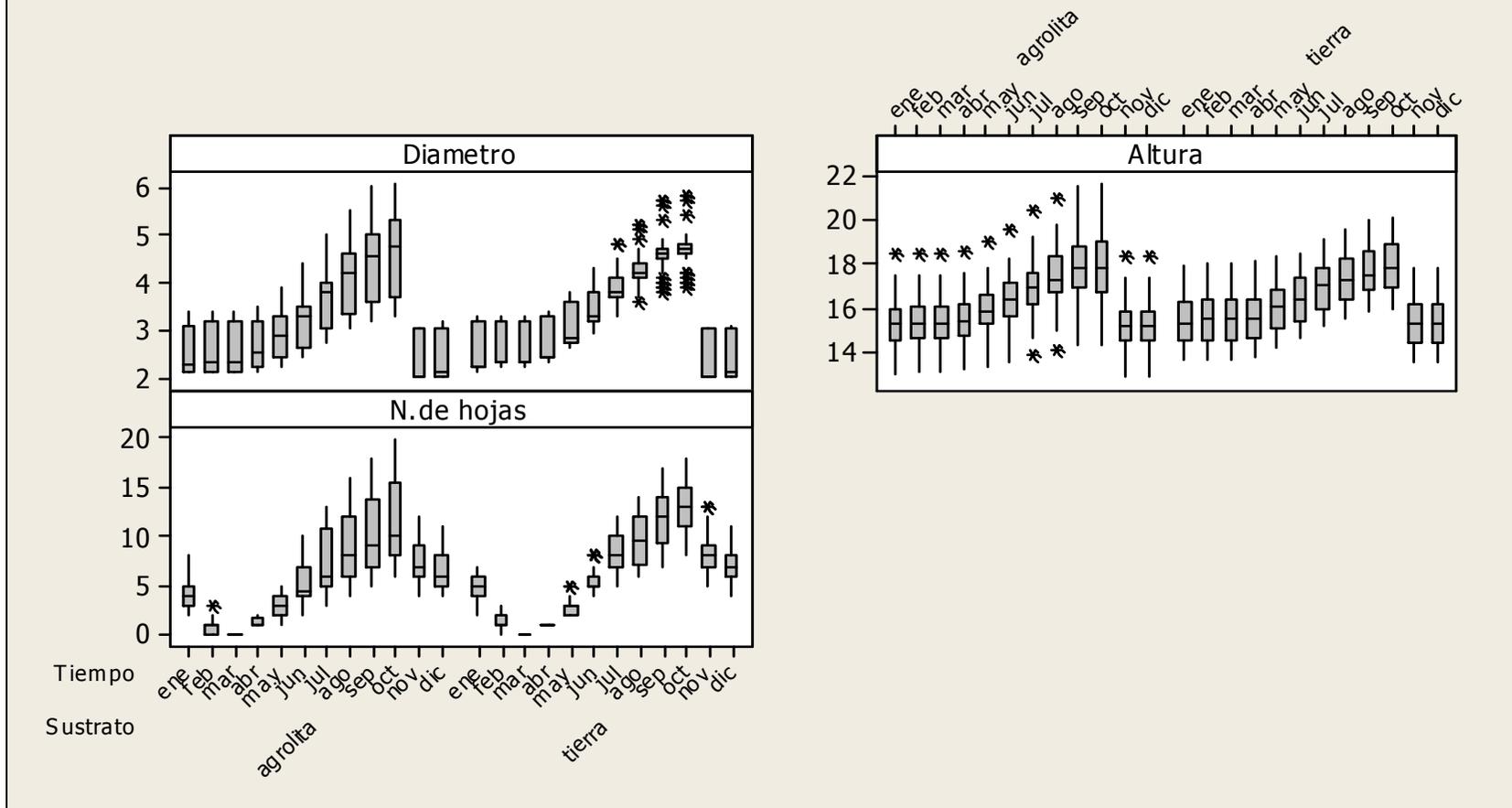


Fig.11. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de *Q.candicans* desarrolladas a lo largo de 12 meses en diferentes sustratos.

(\*) Indican valores extremos.

Con base a los datos obtenidos de diámetro, altura y número de hojas se puede observar en la fig. 12 que las plantas desarrolladas a lo largo de 12 meses bajo condiciones de vivero (invernadero) en sistema hidropónico presentaron mayor variabilidad en los meses de septiembre y octubre. Siendo los meses de noviembre y diciembre donde se registro menor variabilidad debido a la temporada invernal. Las medianas registradas a lo largo de 12 meses en las plantas en diferentes condiciones y sistemas de cultivo mostraron una tendencia ascendente. Los meses de septiembre y octubre registraron los valores más altos en vivero (invernadero)-sistema hidropónico diámetro; (5.0 mm y 5.3 mm), altura; vivero (invernadero)-sistema hidropónico (18.6 cm y 18.8 cm) y número de hojas en vivero (invernadero)-sistema hidropónico (16 hojas y 18 hojas) (fig. 13). Noviembre y diciembre fueron los meses donde se registraron las medianas con valores más bajos en diámetro y altura, siendo para el número de hojas los meses de marzo y abril donde se registraron medianas con valores más bajos.

Los resultados del ANOVA, indican que existen diferencias significativas entre diámetro ( $F=8.37$   $P=0.000$ ), número de hojas ( $F=51.63$   $P=0.043$ ) y altura ( $F=3.80$   $P=0.052$ ) en plantas de *Q. candicans* en diferentes sistemas de cultivo y ambientes a lo largo de 12 meses.

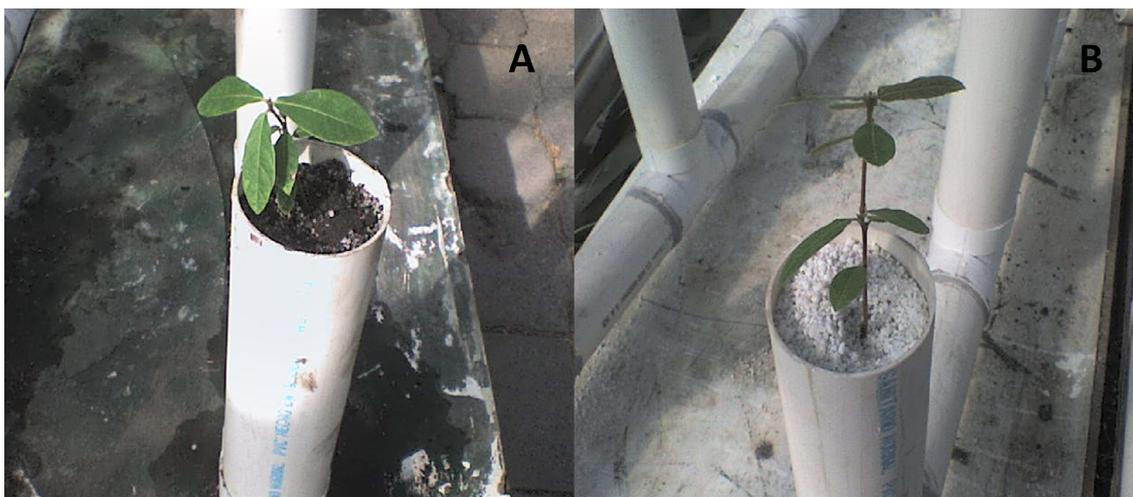


Fig.12. *Quercus candicans* en cultivo tradicional (A) y sistema hidropónico (B).

## Boxplot of Diametro, Altura, N.de hojas vs Ambiente, Sustrato, Tiempo

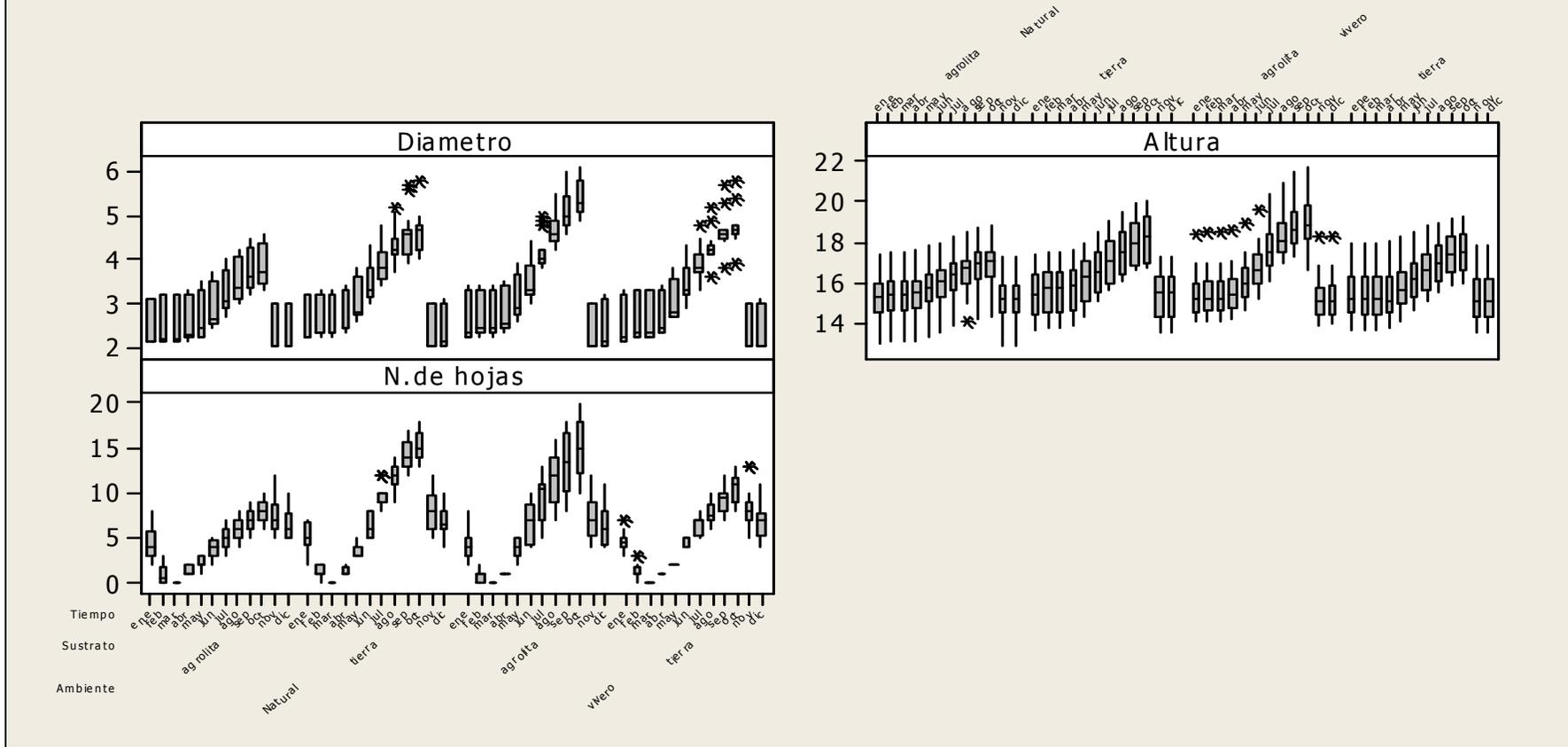


Fig.13. Diferencia de diámetro, altura y número de hojas en plantas de *Q.candicans* desarrolladas a lo largo de 12 meses en diferentes sustratos, tiempo y ambiente.

(\*) Indican valores extremos.

## ***Análisis y discusión***

El establecimiento de las plantas es una fase crítica en el desarrollo completo de la planta ya que frecuentemente enfrenta diversas barreras como; depredación, competencia y falta de condiciones ambientales óptimas para su desarrollo (Vallejo-Calzada, 2002). Existen numerosos estudios en los que afirman que la influencia de los factores ambientales en el establecimiento de plantas es determinante (Borchert *et al*; 1989; Callaway, 1992; Velázquez, 1995; Dhillion, 1999; Gordon y Rice, 2000; Zavala, 2004). Esto concuerda con datos obtenidos en este estudio en el que las plantas establecidas en condiciones de vivero (invernadero) registraron mayor desarrollo con respecto a las plantas establecidas en ambiente.

Los resultados de este estudio mostraron que tras doce meses, las plantas de *Q. candicans* lograron el establecimiento y crecimiento en cultivo hidropónico bajo condiciones de vivero (invernadero). Esto se atribuye a la capacidad de adaptación a diferentes ambientes que poseen los encinos, reportado por Rubio-Licon, (2006). Las plantas establecidas en vivero (invernadero)-sistema hidropónico registraron los valores más altos en diámetro, altura y número de hojas debido a que las condiciones ambientales fueron favorables para su desarrollo. La solución nutritiva proporcionó los nutrimentos necesarios para que el diámetro, altura y número de hojas obtuvieran los valores más altos con respecto a las plantas establecidas en suelo y ambiente.

A lo largo de los doce meses se logró observar una tendencia ascendente en las medianas de diámetro y altura, observando en enero menor variabilidad y en septiembre y octubre mayor variabilidad. Los meses de noviembre y diciembre registraron los valores más bajos ya que estos corresponden a la etapa invernal. En el caso del número de hojas los valores más altos se registraron en los meses de septiembre y octubre y los valores más bajos se registraron en marzo y abril debido al cambio de hojas de su condición caducifolia.

Las plantas establecidas en ambiente y sistema hidropónico fueron las que mostraron menor variabilidad en diámetro, altura y número de hojas. Esto pudo deberse a que las condiciones ambientales no fueron optimas para su crecimiento y desarrollo. Otro factor importante que pudo influir fue que se encontraban susceptibles a ataques por insectos, aves, hongos, etc.

## **Conclusiones**

- ✿ Se logró el establecimiento de *Quercus candicans* en cultivo hidropónico y tradicional en diferentes condiciones ambientales a lo largo de 12 meses.
- ✿ Las plantas en sistema hidropónico (agrolita) bajo condiciones de vivero (invernadero) obtuvieron los valores más altos en diámetro, altura y número de hojas.
- ✿ Las plantas de *Quercus candicans* en cultivo hidropónico registraron mayor variabilidad en diámetro, altura y número de hojas en los meses de septiembre y octubre.
- ✿ Las plantas de *Quercus candicans* en cultivo hidropónico registraron menor variabilidad en diámetro, altura y número de hojas en los meses de noviembre y diciembre.
- ✿ El sistema hidropónico es viable para el establecimiento y desarrollo de *Quercus candicans* bajo condiciones de vivero (invernadero) a lo largo de 12 meses.
- ✿ El análisis ANOVA demostró que hay diferencias significativas entre tiempo-sustrato y ambiente.

## ***Sugerencias para futuras investigaciones***

En este trabajo se logró hacer una aportación substancial en el conocimiento del establecimiento y crecimiento de *Quercus candicans* en cultivo hidropónico. Sin embargo sería de gran interés aportar investigaciones en cuanto al desarrollo de plantas de *Quercus candicans* en un periodo de tiempo mayor, es decir, establecer los encinos en cultivo hidropónico en un tiempo no menor a 12 meses. También sería relevante hacer un análisis de supervivencia de los encinos reintroducidos a su ecosistema. Así como también un análisis microbiológico del sustrato hidropónico para identificar presencia o ausencia de endomicorrizas. Otro rasgo importante de estudio sería observar si hay diferencias anatómicas en plantas establecidas en sistema hidropónico con respecto al cultivo tradicional.

## ***Literatura citada***

Abad, M. y P. Noguera. 1997. Los sustratos en los cultivos sin suelo. 101-150. *In*: Manual de cultivo sin suelo. M. Urrestarazu (ed.). Universidad de Almería. Servicio de Publicaciones.

Asbjornsen, H; K.A. Vogt y M.S. Ashton. 2004. Synergistic response of oak, pine and shrub seedlings to edge environments and drought in a fragmented tropical highland oak forest, Oaxaca, México. *Forest Ecology and Management*.(192):313-334.

Adams, P. 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hidroponic systems. *Acta Hort*. 361: 245-257.

Bennett, W.F.1997. Nutrient deficiencies & toxicity's in crop plants. APS PRESS. The American Phytopathological Society.St. Paul. Minnesota.

Booner, J and A. W. Galston. 1961. *Principles of plant physiology*. W. H. Freeman and Company Publishers. Traducción de Portillo F. 1961. Principios de fisiología vegetal. Ed. Aguilar, Madrid. 485 p.

Borcher, M.I; F.W. Davis, J. Michaelsen y L.D. Oyler. 1989. Interactions of factors affecting seedling recruitment of blue oak (*Quercus douglasii*) in California.*Ecology*. 70(2):389-404.

Callaway, R.M. 1992. Effects of shrubs on recruitment of *Quercus douglasii* and *Quercus lobata* in California. *Ecological Society of America*. 73(3):2118-2128.

Camacho, A; M. Gonzalez y B. Jong. 2002. Establecimiento temprano de arboles en ambientes perturbados de Los Altos Chiapas, México. *Ecosistemas*. (1):2-10.

Challenger, A. 2007. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. P.17-44. En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O

Davis, M.A; K.J. Wrage y P.B. Reich. 1998. Competition between tree seedlings and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. *Journal of Ecology*. 86:652-661.

De la Cruz M. y Badiano J. 1991. *Libellus de Medicinalibus Indorum Herbis*. Fondo de Cultura Económica e Instituto Mexicano del Seguro Social, México, D.F.

De la Paz Pérez O.C. 2000. Relación estructura propiedades físico-mecánicas de la madera de algunas especies de encinos (*Quercus*) mexicanos. Tesis de Doctorado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México,D.F., 266 p.

De Rijck, G. and E. Schrevens. 1998. Comparison of the mineral composition of twelve standar nutrient solutions. *J. Plant Nut.* 21:2115-2125.

Espejel, M.L., N. Santacruz y M. Sánchez. 1999, El uso de los encinos en la región de la Malinche, Estado de Tlaxcala, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 64: 35-39.

Figueroa-Rangel, B.L. Y M. Olvera-Vargas. 2000 (a). Regeneration patterns in relation to canopy species composition and site variables in mixed oaks forest in the Sierra Manantlán Biosphere Reserve, México. *Ecological Research*, 15: 249-261.

Flores R., S. 2010. *Determinación de dosis óptimas NPK en especies de interés económico y forestal en cultivo hidropónico*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México. 71 p

Gama-Castro, J.E. e I. Reyes. 1995. Caracterización de la variación del medio ambiente donde se distribuyen algunas especies de encino. Memorias del III Seminario sobre utilización de encinos. Fac. Cienc. For; Univ. Aut. Nvo. Leon. Reporte científico especial No. 15, Tomo I. 56 p

Garrido, M.V., J.M. del Arco y A. Escudero. 1989. Ciclo de nutrientes: Fenología de la abscisión y dinámica de la descomposición en distintas especies caducifolias y perennifolias. *Options Méditerranéennes* 3: 163-166.

Gordon, D.R. y K.J. Rice. 2000. Competitive suppression of *Quercus douglasii* (Fagaceae) seedling emergence and growth. *American Journal of Botany*.87(7):986-994.

González-Espinosa, M., N. Ramírez-Marcial, A. Camacho-Cruz, S.C. Holz., J.M. Rey-Benayas y M.R. Parra-Vázquez. 2007. Restauración de bosques en territorios indígenas de Chiapas: modelos ecológicos y estrategias de acción. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80: 11-23.

Granados, D.; G. L. López y J. L. Gama, 1999. Fragmentación del hábitat y fragmentación de áreas naturales protegidas. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 5(1): 5-14.

Graves, C.J. 1983. The nutrient film technique. *Hort. Rev.* 5: 1-44.

Hale, M. G. and D. M. Orcutt, 1987. *The physiology of plants under stress*. John Wiley & Sons, USA. 206 p

Hernandez, G., L.R. Sánchez, Th. Carmona, M.R. Pineda y R. Cuevas. 2000. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la Sierra de Manantlán. *Madera y Bosques* 6: 13-28.

Hocker Jr. H. W. 1979. *Introduction to forest biology*. Bellomo, L. F. A. (trad) 1984. Introducción a la biología forestal. A.G.T. Editor. México. 446 p

INEGI. 2005a. Información Forestal: *Comunidades primarias y secundarias*. En: <http://www.inegi.org.mx>

Jenner, G. 1980. Hydroponics reality or fantasy?. *Scientia Hort.* 31:19-26.

Jensen, M.H. y W.L. Collins. 1985. Hydroponic vegetable production. *Hort. Rev.* 483-559

Jones, B.J. Jr. 1982. Hydroponics: its history and use in plant nutrition studies. *Journal Plant Nutr.*, 5: 1003-1030

López, F. 1998. Germinación y establecimiento temprano de *Quercus rugosa* y sus implicaciones en la rehabilitación de los hábitats pinarizados en los Altos Chiapas, México. Tesis Lic. Biol. Fac. Cienc; UNAM. México. 89 p.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> edition. Ed. Academic Press. San Diego, Ca., USA.

Mengel, K., and E.A. Kirkby, 1978. *Principles of plant nutrition*. International Potash Institute. 593 p.

Mengel, K., and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th edition. International Potash Institute, Bern, Switzerland.

Mittermeier, R.A. y C. Goettsch de Mittermeier. 1995. La importancia de la Diversidad biológica en México. *Medio Ambiente y Biodiversidad* 52: 3-16.

Morán-Villaseñor, J.A. 2002. *Causas económicas e incidencia del comercio internacional en la deforestación en México*. Centro Mexicano de Derecho Ambiental A.C. México, D.F. 50 p

Moreno, I.T. 1999. Equipos de riego: cabezal, distribución y emisores. En curso superior de especialización. Cultivos sin suelo II. Almería, España.

Mur, P. 2003 *Patrones de distribución geográfica de especies del género Quercus y de algunos de sus insectos formadores de agallas en el estado de Michoacán, México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 58 p.

Nélio, C. N. 2006. *solucoes nutritivas: Formulacao e aplicacoes*. En *nutricao mineral de plantas*. Editor Manlio Silvetre Fernandes. Vocosa, M. G.: Sociedade Brasileira de Ciencia do Solo. 432 p

Nixon, K. 1993. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Ann. Sci. For.* 50, Suppl 1: 25-3.

Nixon, K.C. 1998. El género *Quercus* en México. P. 435-447. En: Ramammoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot, J. Fa. (eds.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México D.F.

Pérez, C. de la P; R. Dávalos y E. Guerrero. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. *Madera y Bosques* 6(1): 3-13.

Pulido, F.J. 2002. Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de bosques templados y subtropicales de robles (*Quercus* spp.). *Revista Chilena de Historia Natural*. 75:5-15.

Ramírez-Marcial, N. 2003 Survival and growth of tree seedlings in antropogenycally disturbed Mexican montane rain forests. *Journal of Vegetation Science* 14: 881-890.

Resh, M., H. 2001. *Cultivos hidropónicos. Nuevas técnicas de producción*. Ediciones Mundi-Prensa. Barcelona, España. 558 p

Resh, M .H. 1991. *Hydroponic food production*. 4th edition. Woodbridge Press Publishing Company. Santa Barbara, Ca, USA.

Rincón, S. L. 1997. Características y manejo de sustratos inorgánicos en fertirrigación. I Congreso Ibérico y III Nacional de fertirrigación. Murcia, España.

Rogers, R y P.S. Johnson. 1998. Approaches to modeling natural regeneration in oak dominated forests. *Forest Ecology and Management* 106: 45-54.

Romero, S., C. Rojas y M.L. Aguilar. 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. *Annals of Missouri Botanical Garden* 89: 551-593.

Rubio-Licona, L.E. 2006. *Estudio ecológico de Quercus crassifolia Humb. & Bonpl. y Quercus candicans Neé en bosques de encino del Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 155 p.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 478 p. Situación de los bosques en el mundo 2010.

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14: 13-21.

Sarro, M.J., C. Cadahia L. y J.M. Peñalosa. 1986. Control de un cultivo hidropónico de tomate en enarenado y condiciones salinas a diferentes programas de fertilización fosfórica. *An. Edafol. Agrobiol.* 42: 831-846

Schupp, E.W. 1995. Seed-seedling conflicts, habitat choice, and patterns of plant recruitment. *American Journal of Botany*. 82(3):399-403.

Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant Soil* 15:134-154.

Steiner, A.A. 1968. Soilles culture. pp. 324-341. *In: Proceedings of the 6th Colloquium of the International Potash Institute. Florence, Italy.*

Sun, Sh; X. Gao y L. Chen. 2004. High acorn predation prevents the regeneration of *Quercus liaotungensis* in the Dongling mountain region of north China. *Restoration Ecology*. 12(3):335-342.

Timmer, V. R. and G. Armstrong. 1987. *Growth and nutrition of containerized Pinus resinosa at exponentially increasing nutrient additions*. Can. J. For. Res., 17: 644-647

Toledo, V.M., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco. 1989. *La producción rural de México: alternativas ecológicas*. Colección Medio Ambiente. No 6. Fundación Universo Veintiuno, México

Urrestarazu, G. M. 2000. *Manual de cultivos sin suelo*. Editorial Mundi Prensa.

Valencia, S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53.

Vallejo-Calzada, R. 2002. Utilización de leñosas autóctonas en la restauración forestal. *Ecosistemas* 1: 2-3.

Zarate Q.L.M. 2002. *Rendimiento de Quercus humboldtii Bonpland (Roble) en condiciones de interacción micorrizas ectotróficas-Humus*. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Colombia. 70 p

# Apéndices

## Apéndice 1

Hoagland y Arnon (1950) formularon dos soluciones nutritivas las cuales han sido ampliamente utilizadas. El término "Solución de Hoagland" proviene de los laboratorios caseros del mundo, dedicados a la nutrición de las plantas a nivel mundial. Los principales componentes de la solución Hoagland son los siguientes:

<b>Macronutrientes</b>		<b>Micronutrientes</b>	
<b>Elementos</b>	<b>Concentración (mg L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Elementos</b>	<b>Concentración (mg L<sup>-1</sup>)</b>
<b>N</b>	<b>499.01</b>	<b>Zn</b>	<b>0.005</b>
<b>P</b>	<b>62.00</b>	<b>Fe</b>	<b>0.60</b>
<b>K</b>	<b>787.72</b>	<b>Cu</b>	<b>0.02</b>
<b>Ca</b>	<b>220.40</b>	<b>Mn</b>	<b>0.51</b>
<b>Mg</b>	<b>43.37</b>	<b>B</b>	<b>0.50</b>
<b>S</b>	<b>63.66</b>		

## Apêndice 2.

### Descriptive Statistics: Diametro, Altura, N.de hojas

Variable	Ambiente	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	Natural	480	0	3.0888	0.0390	0.8534	2.0000	2.3000	3.1000	3.6000	5.8000
	vivero	480	0	3.3852	0.0486	1.0644	2.0000	2.3000	3.3000	4.2000	6.1000
Altura	Natural	480	0	16.070	0.0650	1.425	12.800	15.000	16.000	17.000	20.100
	vivero	480	0	16.323	0.0731	1.602	13.500	15.000	16.100	17.400	21.700
N.de hojas	Natural	480	0	5.675	0.197	4.327	0.000000000	2.000	5.000	8.000	18.000
	vivero	480	0	5.937	0.206	4.509	0.000000000	2.000	5.000	9.000	20.000

N: número total de datos, Mean: media, SE Mean: error estandar de la media, StDev: desviación estandar, Minimum: valor mínimo, Q1: cuartil 1, Median: cuartil 2 o mediana, Q3: cuartil 3, Maximum: valor Maximo.

### Descriptive Statistics: Diametro, Altura, N.de hojas

Variable	Sustrato	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	agrolita	480	0	3.1788	0.0460	1.0081	2.0000	2.3000	3.1000	3.7000	6.1000
	tierra	480	0	3.2952	0.0429	0.9393	2.0000	2.3000	3.2000	4.1000	5.8000
Altura	agrolita	480	0	16.158	0.0717	1.570	12.800	15.000	16.000	17.175	21.700
	tierra	480	0	16.235	0.0671	1.470	13.500	15.000	16.200	17.300	20.100
N.de hojas	agrolita	480	0	5.521	0.199	4.359	0.000000000	2.000	5.000	8.000	20.000
	tierra	480	0	6.092	0.204	4.464	0.000000000	2.000	6.000	9.000	18.000

N: número total de datos, Mean: media, SE Mean: error estandar de la media, StDev: desviación estandar, Minimum: valor mínimo, Q1: cuartil 1, Median: cuartil 2 o mediana, Q3: cuartil 3, Maximum: valor Maximo.

### Descriptive Statistics: Diametro, Altura, N.de hojas

Variable	Tiempo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	ene	80	0	2.5575	0.0553	0.4947	2.1000	2.2000	2.2000	3.1000	3.4000
	feb	80	0	2.6275	0.0556	0.4973	2.1000	2.2000	2.3000	3.2000	3.4000
	mar	80	0	2.6275	0.0556	0.4973	2.1000	2.2000	2.3000	3.2000	3.4000
	abr	80	0	2.7138	0.0545	0.4878	2.1000	2.3000	2.4000	3.3000	3.5000
	may	80	0	2.9975	0.0548	0.4904	2.2000	2.7000	2.8000	3.5000	3.9000
	jun	80	0	3.3363	0.0549	0.4913	2.4000	3.1000	3.3000	3.7000	4.4000
	jul	80	0	3.8025	0.0580	0.5190	2.7000	3.6000	3.8000	4.1000	5.0000
	ago	80	0	4.1875	0.0668	0.5975	3.0000	3.9500	4.2000	4.5000	5.5000
	sep	80	0	4.5325	0.0741	0.6623	3.2000	4.2000	4.6000	4.8000	6.0000
	oct	80	0	4.6775	0.0787	0.7042	3.3000	4.2250	4.7000	5.1000	6.1000
	nov	80	0	2.3750	0.0545	0.4872	2.0000	2.0000	2.0000	3.0000	3.0000
	dic	80	0	2.4088	0.0551	0.4925	2.0000	2.0000	2.1000	3.0000	3.2000
Altura	ene	80	0	15.339	0.125	1.121	12.900	14.500	15.300	16.000	18.400
	feb	80	0	15.421	0.126	1.130	13.000	14.600	15.400	16.000	18.500
	mar	80	0	15.421	0.126	1.130	13.000	14.600	15.400	16.000	18.500
	abr	80	0	15.526	0.126	1.123	13.100	14.700	15.400	16.200	18.600
	may	80	0	15.931	0.124	1.110	13.300	15.125	15.850	16.600	19.000
	jun	80	0	16.370	0.127	1.138	13.500	15.425	16.300	17.275	19.600
	jul	80	0	16.909	0.133	1.194	13.800	16.025	16.900	17.800	20.400
	ago	80	0	17.334	0.139	1.247	14.000	16.425	17.200	18.200	21.000
	sep	80	0	17.740	0.144	1.291	14.200	16.900	17.650	18.700	21.500
	oct	80	0	17.886	0.150	1.340	14.300	16.925	17.750	18.875	21.700
	nov	80	0	15.236	0.126	1.127	12.800	14.400	15.150	15.900	18.300
	dic	80	0	15.246	0.126	1.125	12.800	14.400	15.200	15.900	18.300

N.de hojas	ene	80	0	4.562	0.170	1.525	2.000	3.000	4.500	5.750	8.000
	feb	80	0	0.9250	0.0903	0.8078	0.000000000	0.000000000	1.0000	1.0000	3.0000
	mar	80	0	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
	abr	80	0	1.2375	0.0479	0.4282	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	2.000
	may	80	0	2.962	0.116	1.037	1.000	2.000	3.000	3.750	5.000
	jun	80	0	5.362	0.208	1.864	2.000	4.000	5.000	6.750	10.000
	jul	80	0	7.650	0.287	2.571	3.000	5.250	7.000	10.000	13.000
	ago	80	0	9.300	0.348	3.115	4.000	7.000	9.000	12.000	16.000
	sep	80	0	11.050	0.391	3.493	5.000	8.000	10.000	14.000	18.000
	oct	80	0	12.288	0.406	3.629	6.000	9.000	12.000	15.000	20.000
	nov	80	0	7.662	0.241	2.152	4.000	6.000	7.000	9.000	13.000
	dic	80	0	6.675	0.200	1.784	4.000	5.000	6.000	8.000	11.000

N: número total de datos, Mean: media, SE Mean: error estandar de la media, StDev: desviación estandar, Minimum: valor mínimo, Q1: cuartil 1, Median: cuartil 2 o mediana, Q3: cuartil 3, Maximum: valor Maximo.

## Descriptive Statistics: Diametro, Altura, N.de hojas

### Results for Ambiente = Natural

Variable	Sustrato	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	agrolita	240	0	2.9092	0.0458	0.7099	2.0000	2.1250	3.0000	3.3000	4.6000
	tierra	240	0	3.2683	0.0609	0.9440	2.0000	2.3000	3.2000	4.0000	5.8000
Altura	agrolita	240	0	15.755	0.0806	1.249	12.800	14.900	15.800	16.600	18.800
	tierra	240	0	16.385	0.0981	1.519	13.500	15.300	16.400	17.400	20.100
N.de hojas	agrolita	240	0	4.400	0.188	2.913	0.000000000	2.000	5.000	7.000	12.000
	tierra	240	0	6.950	0.328	5.077	0.000000000	2.000	6.000	11.000	18.000

### Results for Ambiente = vivero

Variable	Sustrato	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	agrolita	240	0	3.4483	0.0760	1.1776	2.0000	2.3250	3.3000	4.4000	6.1000
	tierra	240	0	3.3221	0.0604	0.9357	2.0000	2.3000	3.3000	4.1000	5.8000
Altura	agrolita	240	0	16.562	0.113	1.747	13.800	15.100	16.200	18.000	21.700
	tierra	240	0	16.085	0.0908	1.407	13.500	14.925	16.000	17.200	19.300
N.de hojas	agrolita	240	0	6.642	0.336	5.203	0.000000000	2.000	6.000	10.000	20.000
	tierra	240	0	5.233	0.230	3.561	0.000000000	2.000	5.000	8.000	13.000

N: número total de datos, Mean: media, SE Mean: error estandar de la media, StDev: desviación estandar, Minimum: valor mínimo, Q1: cuartil 1, Median: cuartil 2 o mediana, Q3: cuartil 3, Maximum: valor Maximo.

## Descriptive Statistics: Diametro, Altura, N.de hojas

### Results for Ambiente = Natural

Variable	Tiempo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	ene	40	0	2.5250	0.0760	0.4808	2.1000	2.1000	2.2000	3.1000	3.2000
	feb	40	0	2.5850	0.0784	0.4959	2.1000	2.1250	2.3000	3.2000	3.3000
	mar	40	0	2.5850	0.0784	0.4959	2.1000	2.1250	2.3000	3.2000	3.3000
	abr	40	0	2.6600	0.0769	0.4861	2.1000	2.2250	2.4000	3.2000	3.4000
	may	40	0	2.8850	0.0805	0.5092	2.2000	2.4000	2.8000	3.3000	3.8000
	jun	40	0	3.1775	0.0831	0.5255	2.4000	2.6250	3.2500	3.5000	4.3000
	jul	40	0	3.5600	0.0844	0.5339	2.7000	3.0250	3.6500	3.8000	4.8000
	ago	40	0	3.8900	0.0940	0.5948	3.0000	3.3250	4.1000	4.2000	5.2000
	sep	40	0	4.1625	0.0971	0.6142	3.2000	3.6000	4.2000	4.6000	5.7000
	oct	40	0	4.2625	0.0973	0.6155	3.3000	3.7000	4.3000	4.7000	5.8000
	nov	40	0	2.3750	0.0775	0.4903	2.0000	2.0000	2.0000	3.0000	3.0000
	dic	40	0	2.3975	0.0768	0.4854	2.0000	2.0000	2.1000	3.0000	3.1000
Altura	ene	40	0	15.310	0.181	1.143	12.900	14.500	15.350	16.150	17.400
	feb	40	0	15.435	0.180	1.140	13.000	14.600	15.500	16.225	17.500
	mar	40	0	15.435	0.180	1.140	13.000	14.600	15.500	16.225	17.500
	abr	40	0	15.538	0.180	1.139	13.100	14.700	15.600	16.275	17.600
	may	40	0	15.888	0.180	1.140	13.300	15.025	15.950	16.650	18.000
	jun	40	0	16.233	0.185	1.170	13.500	15.325	16.300	17.075	18.500
	jul	40	0	16.660	0.191	1.206	13.800	15.800	16.600	17.550	19.100
	ago	40	0	16.988	0.193	1.219	14.000	16.200	16.850	17.825	19.500
	sep	40	0	17.348	0.202	1.278	14.200	16.600	17.300	18.175	20.000
	oct	40	0	17.510	0.208	1.313	14.300	16.725	17.400	18.400	20.100
	nov	40	0	15.250	0.180	1.138	12.800	14.400	15.300	16.050	17.300
	dic	40	0	15.250	0.180	1.138	12.800	14.400	15.300	16.050	17.300

N.de hojas	ene	40	0	4.825	0.255	1.615	2.000	3.250	5.000	6.000	8.000
	feb	40	0	0.950	0.134	0.846	0.000000	0.000000	1.000	2.000	3.000
	mar	40	0	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000	0.0000000000
	abr	40	0	1.3000	0.0734	0.4641	1.0000	1.0000	1.0000	2.0000	2.000
	may	40	0	2.875	0.144	0.911	1.000	2.000	3.000	3.000	5.000
	jun	40	0	5.050	0.286	1.811	2.000	4.000	5.000	6.000	8.000
	jul	40	0	7.375	0.429	2.715	3.000	5.000	7.500	10.000	12.000
	ago	40	0	8.875	0.510	3.228	4.000	6.000	8.500	12.000	14.000
	sep	40	0	10.775	0.609	3.853	5.000	7.000	10.500	14.000	17.000
	oct	40	0	11.775	0.609	3.853	6.000	8.000	11.500	15.000	18.000
	nov	40	0	7.575	0.328	2.074	5.000	6.000	7.000	9.000	12.000
	dic	40	0	6.725	0.256	1.617	4.000	5.250	6.000	8.000	10.000

### Results for Ambiente = vivero

Variable	Tiempo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	ene	40	0	2.5900	0.0810	0.5123	2.1000	2.2000	2.3000	3.2000	3.4000
	feb	40	0	2.6700	0.0793	0.5014	2.2000	2.3000	2.3500	3.3000	3.4000
	mar	40	0	2.6700	0.0793	0.5014	2.2000	2.3000	2.3500	3.3000	3.4000
	abr	40	0	2.7675	0.0774	0.4896	2.3000	2.4000	2.5000	3.3000	3.5000
	may	40	0	3.1100	0.0711	0.4494	2.6000	2.7000	2.9000	3.6000	3.9000
	jun	40	0	3.4950	0.0634	0.4012	2.9000	3.2000	3.3000	3.8000	4.4000
	jul	40	0	4.0450	0.0592	0.3741	3.3000	3.8000	4.0000	4.1000	5.0000
	ago	40	0	4.4850	0.0686	0.4336	3.6000	4.2000	4.3500	4.7750	5.5000
	sep	40	0	4.9025	0.0759	0.4801	3.8000	4.6000	4.7000	5.1000	6.0000
	oct	40	0	5.0925	0.0825	0.5220	3.9000	4.7000	4.9500	5.3750	6.1000
	nov	40	0	2.3750	0.0775	0.4903	2.0000	2.0000	2.0000	3.0000	3.0000
	dic	40	0	2.4200	0.0799	0.5055	2.0000	2.0000	2.1000	3.0000	3.2000
Altura	ene	40	0	15.368	0.176	1.112	13.600	14.525	15.150	15.975	18.400
	feb	40	0	15.408	0.179	1.133	13.600	14.600	15.200	16.000	18.500
	mar	40	0	15.408	0.179	1.133	13.600	14.600	15.200	16.000	18.500
	abr	40	0	15.515	0.177	1.122	13.700	14.700	15.250	16.200	18.600
	may	40	0	15.975	0.172	1.091	14.100	15.200	15.800	16.600	19.000

	jun	40	0	16.508	0.174	1.103	14.600	15.700	16.400	17.300	19.600
	jul	40	0	17.158	0.181	1.143	15.100	16.325	17.050	18.000	20.400
	ago	40	0	17.680	0.188	1.191	15.500	16.900	17.600	18.575	21.000
	sep	40	0	18.133	0.189	1.195	15.800	17.325	18.100	18.975	21.500
	oct	40	0	18.263	0.201	1.274	15.900	17.500	18.250	19.175	21.700
	nov	40	0	15.222	0.179	1.130	13.500	14.400	15.000	15.875	18.300
	dic	40	0	15.243	0.178	1.126	13.500	14.400	15.050	15.875	18.300
N.de hojas	ene	40	0	4.300	0.221	1.400	2.000	3.000	4.000	5.000	8.000
	feb	40	0	0.900	0.123	0.778	0.000000000	0.000000000	1.000	1.000	3.000
	mar	40	0	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
	abr	40	0	1.1750	0.0608	0.3848	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	2.0000
	may	40	0	3.050	0.182	1.154	2.000	2.000	3.000	4.000	5.000
	jun	40	0	5.675	0.298	1.886	4.000	4.000	5.000	7.000	10.000
	jul	40	0	7.925	0.383	2.422	5.000	6.000	7.000	10.750	13.000
	ago	40	0	9.725	0.471	2.978	6.000	7.000	9.000	12.000	16.000
	sep	40	0	11.325	0.493	3.116	7.000	9.000	10.000	13.750	18.000
	oct	40	0	12.800	0.531	3.360	8.000	10.250	12.000	15.500	20.000
	nov	40	0	7.750	0.356	2.250	4.000	6.000	7.500	9.000	13.000
	dic	40	0	6.625	0.309	1.957	4.000	5.000	7.000	8.000	11.000

N: número total de datos, Mean: media, SE Mean: error estandar de la media, StDev: desviación estandar, Minimum: valor mínimo, Q1: cuartil 1, Median: cuartil 2 o mediana, Q3: cuartil 3, Maximum: valor Maximo.

## Descriptive Statistics: Diametro, Altura, N.de hojas

### Results for Sustrato = agrolita

Variable	Tiempo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	ene	40	0	2.5350	0.0781	0.4938	2.1000	2.1000	2.2500	3.1000	3.4000
	feb	40	0	2.5900	0.0800	0.5063	2.1000	2.1250	2.3000	3.2000	3.4000
	mar	40	0	2.5900	0.0800	0.5063	2.1000	2.1250	2.3000	3.2000	3.4000
	abr	40	0	2.6675	0.0784	0.4958	2.1000	2.2250	2.5000	3.2000	3.5000
	may	40	0	2.9025	0.0839	0.5304	2.2000	2.4000	2.8500	3.3000	3.9000
	jun	40	0	3.2000	0.0868	0.5491	2.4000	2.6250	3.3000	3.5000	4.4000
	jul	40	0	3.6950	0.0992	0.6276	2.7000	3.0250	3.8000	4.0000	5.0000
	ago	40	0	4.098	0.120	0.762	3.000	3.325	4.200	4.600	5.500
	sep	40	0	4.470	0.132	0.838	3.200	3.600	4.550	5.000	6.000
	oct	40	0	4.658	0.144	0.908	3.300	3.700	4.750	5.300	6.100
	nov	40	0	2.3500	0.0764	0.4830	2.0000	2.0000	2.0000	3.0000	3.0000
	dic	40	0	2.3900	0.0781	0.4940	2.0000	2.0000	2.1000	3.0000	3.2000
Altura	ene	40	0	15.283	0.172	1.085	12.900	14.525	15.250	15.900	18.400
	feb	40	0	15.360	0.171	1.081	13.000	14.625	15.300	16.000	18.500
	mar	40	0	15.360	0.171	1.081	13.000	14.625	15.300	16.000	18.500
	abr	40	0	15.478	0.170	1.074	13.100	14.725	15.400	16.175	18.600
	may	40	0	15.883	0.174	1.100	13.300	15.200	15.800	16.575	19.000
	jun	40	0	16.305	0.186	1.175	13.500	15.525	16.300	17.125	19.600
	jul	40	0	16.893	0.205	1.295	13.800	16.150	16.900	17.575	20.400
	ago	40	0	17.375	0.221	1.398	14.000	16.700	17.200	18.350	21.000
	sep	40	0	17.745	0.236	1.494	14.200	16.925	17.750	18.775	21.500
	oct	40	0	17.880	0.247	1.562	14.300	16.700	17.800	18.950	21.700
	nov	40	0	15.160	0.171	1.084	12.800	14.425	15.100	15.800	18.300
	dic	40	0	15.180	0.171	1.080	12.800	14.425	15.150	15.800	18.300

N.de hojas	ene	40	0	4.225	0.254	1.609	2.000	3.000	4.000	5.000	8.00
	feb	40	0	0.725	0.124	0.784	0.000000000	0.000000000	1.000	1.000	3.00
	mar	40	0	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
	abr	40	0	1.2500	0.0693	0.4385	1.0000	1.0000	1.0000	1.7500	2.000
	may	40	0	3.100	0.189	1.194	1.000	2.000	3.000	4.000	5.00
	jun	40	0	5.225	0.359	2.270	2.000	4.000	4.500	7.000	10.00
	jul	40	0	7.225	0.470	2.974	3.000	5.000	6.000	10.750	13.00
	ago	40	0	8.850	0.577	3.648	4.000	6.000	8.000	12.000	16.00
	sep	40	0	10.225	0.608	3.846	5.000	7.000	9.000	13.750	18.00
	oct	40	0	11.625	0.661	4.180	6.000	8.000	10.000	15.500	20.00
	nov	40	0	7.300	0.338	2.139	4.000	6.000	7.000	9.000	12.00
	dic	40	0	6.500	0.297	1.881	4.000	5.000	6.000	8.000	11.00

### Results for Sustrato = tierra

Variable	Tiempo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	ene	40	0	2.5800	0.0792	0.5009	2.1000	2.2000	2.2000	3.2000	3.3000
	feb	40	0	2.6650	0.0778	0.4918	2.2000	2.3000	2.3000	3.2000	3.3000
	mar	40	0	2.6650	0.0778	0.4918	2.2000	2.3000	2.3000	3.2000	3.3000
	abr	40	0	2.7600	0.0761	0.4813	2.3000	2.4000	2.4000	3.3000	3.4000
	may	40	0	3.0925	0.0684	0.4329	2.6000	2.7000	2.8000	3.6000	3.8000
	jun	40	0	3.4725	0.0611	0.3863	2.9000	3.2000	3.3000	3.8000	4.3000
	jul	40	0	3.9100	0.0566	0.3579	3.3000	3.7000	3.8000	4.1000	4.8000
	ago	40	0	4.2775	0.0561	0.3548	3.6000	4.1000	4.2000	4.4000	5.2000
	sep	40	0	4.5950	0.0668	0.4224	3.8000	4.5000	4.6000	4.7000	5.7000
	oct	40	0	4.6975	0.0668	0.4227	3.9000	4.6000	4.7000	4.8000	5.8000
	nov	40	0	2.4000	0.0784	0.4961	2.0000	2.0000	2.0000	3.0000	3.0000
	dic	40	0	2.4275	0.0785	0.4966	2.0000	2.0000	2.1000	3.0000	3.1000
Altura	ene	40	0	15.395	0.184	1.166	13.600	14.500	15.300	16.275	17.900
	feb	40	0	15.483	0.188	1.187	13.600	14.500	15.500	16.300	18.000
	mar	40	0	15.483	0.188	1.187	13.600	14.500	15.500	16.300	18.000
	abr	40	0	15.575	0.187	1.182	13.700	14.600	15.450	16.400	18.100

	may	40	0	15.980	0.179	1.131	14.100	15.000	16.000	16.775	18.300
	jun	40	0	16.435	0.176	1.111	14.600	15.400	16.350	17.300	18.500
	jul	40	0	16.925	0.174	1.099	15.100	15.900	17.000	17.800	19.100
	ago	40	0	17.293	0.173	1.091	15.500	16.325	17.200	18.200	19.500
	sep	40	0	17.735	0.169	1.069	15.800	16.825	17.500	18.600	20.000
	oct	40	0	17.893	0.173	1.094	15.900	16.925	17.750	18.875	20.100
	nov	40	0	15.313	0.186	1.178	13.500	14.325	15.300	16.175	17.800
	dic	40	0	15.313	0.186	1.178	13.500	14.325	15.300	16.175	17.800
N.de hojas	ene	40	0	4.900	0.217	1.374	2.000	4.000	5.000	6.000	7.000
	feb	40	0	1.125	0.125	0.791	0.000000000	1.000	1.000	2.000	3.000
	mar	40	0	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
	abr	40	0	1.2250	0.0669	0.4229	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	2.000
	may	40	0	2.825	0.133	0.844	2.000	2.000	3.000	3.000	5.000
	jun	40	0	5.500	0.215	1.359	4.000	5.000	5.000	6.000	8.000
	jul	40	0	8.075	0.323	2.043	5.000	7.000	8.000	10.000	12.000
	ago	40	0	9.750	0.385	2.436	6.000	7.250	9.500	12.000	14.000
	sep	40	0	11.875	0.462	2.919	7.000	9.250	12.000	14.000	17.000
	oct	40	0	12.950	0.456	2.882	8.000	11.000	13.000	15.000	18.000
	nov	40	0	8.025	0.337	2.130	5.000	7.000	8.000	9.000	13.000
	dic	40	0	6.850	0.267	1.688	4.000	6.000	7.000	8.000	11.000

---

N: número total de datos, Mean: media, SE Mean: error estandar de la media, StDev: desviación estandar, Minimum: valor mínimo, Q1: cuartil 1, Median: cuartil 2 o mediana, Q3: cuartil 3, Maximum: valor Maximo.

## Descriptive Statistics: Diametro, Altura, N.de hojas

Results for Ambiente = Natural, Sustrato = agrolita

Variable	Tiempo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	ene	20	0	2.500	0.112	0.503	2.100	2.100	2.100	3.100	3.100
	feb	20	0	2.535	0.118	0.527	2.100	2.100	2.150	3.175	3.200
	mar	20	0	2.535	0.118	0.527	2.100	2.100	2.150	3.175	3.200
	abr	20	0	2.580	0.113	0.503	2.100	2.200	2.250	3.175	3.300
	may	20	0	2.695	0.115	0.516	2.200	2.225	2.400	3.275	3.500
	jun	20	0	2.910	0.111	0.497	2.400	2.500	2.650	3.475	3.700
	jul	20	0	3.225	0.098	0.442	2.700	2.900	3.050	3.775	4.000
	ago	20	0	3.485	0.106	0.476	3.000	3.100	3.350	4.050	4.200
	sep	20	0	3.775	0.106	0.473	3.200	3.325	3.600	4.275	4.500
	oct	20	0	3.870	0.104	0.467	3.300	3.425	3.700	4.375	4.600
	nov	20	0	2.400	0.112	0.503	2.000	2.000	2.000	3.000	3.000
	dic	20	0	2.400	0.112	0.503	2.000	2.000	2.000	3.000	3.000
Altura	ene	20	0	15.210	0.253	1.129	12.900	14.550	15.300	15.975	17.400
	feb	20	0	15.285	0.253	1.131	13.000	14.625	15.400	16.000	17.500
	mar	20	0	15.285	0.253	1.131	13.000	14.625	15.400	16.000	17.500
	abr	20	0	15.375	0.251	1.123	13.100	14.725	15.500	16.075	17.600
	may	20	0	15.640	0.249	1.115	13.300	15.050	15.750	16.375	17.800
	jun	20	0	15.860	0.247	1.103	13.500	15.300	16.050	16.575	18.000
	jul	20	0	16.180	0.245	1.098	13.800	15.600	16.400	16.900	18.300
	ago	20	0	16.460	0.239	1.069	14.000	15.925	16.700	17.100	18.500
	sep	20	0	16.720	0.248	1.110	14.200	16.125	16.950	17.450	18.700
	oct	20	0	16.825	0.247	1.104	14.300	16.225	17.050	17.550	18.800
	nov	20	0	15.110	0.253	1.129	12.800	14.450	15.200	15.875	17.300
	dic	20	0	15.110	0.253	1.129	12.800	14.450	15.200	15.875	17.300
N.de hojas	ene	20	0	4.500	0.373	1.670	2.000	3.000	4.000	5.750	8.000
	feb	20	0	0.800	0.213	0.951	0.00000000	0.00000000	0.500	1.750	3.000
	mar	20	0	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000

abr	20	0	1.350	0.109	0.489	1.000	1.000	1.000	2.000	2.000
may	20	0	2.300	0.164	0.733	1.000	2.000	2.000	3.000	3.000
jun	20	0	3.700	0.231	1.031	2.000	3.000	4.000	4.750	5.000
jul	20	0	4.950	0.256	1.146	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000
ago	20	0	6.000	0.281	1.257	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000
sep	20	0	7.200	0.277	1.240	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000
oct	20	0	8.200	0.277	1.240	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
nov	20	0	7.250	0.446	1.997	5.000	6.000	7.000	8.750	12.000
dic	20	0	6.550	0.344	1.538	5.000	5.000	6.000	7.750	10.000

### Results for Ambiente = Natural, Sustrato = tierra

Variable	Tiempo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	ene	20	0	2.550	0.105	0.470	2.200	2.200	2.200	3.175	3.200
	feb	20	0	2.635	0.105	0.470	2.200	2.300	2.300	3.200	3.300
	mar	20	0	2.635	0.105	0.470	2.200	2.300	2.300	3.200	3.300
	abr	20	0	2.740	0.104	0.467	2.300	2.400	2.400	3.300	3.400
	may	20	0	3.0750	0.0976	0.4363	2.6000	2.7250	2.8000	3.6000	3.800
	jun	20	0	3.4450	0.0919	0.4110	3.0000	3.1250	3.3000	3.8000	4.300
	jul	20	0	3.8950	0.0875	0.3913	3.4000	3.5250	3.8000	4.1750	4.800
	ago	20	0	4.2950	0.0878	0.3927	3.7000	4.1000	4.2000	4.5000	5.200
	sep	20	0	4.550	0.108	0.484	3.900	4.125	4.600	4.700	5.700
	oct	20	0	4.655	0.108	0.485	4.000	4.200	4.700	4.800	5.800
	nov	20	0	2.350	0.109	0.489	2.000	2.000	2.000	3.000	3.000
	dic	20	0	2.395	0.107	0.481	2.000	2.000	2.100	3.000	3.100
Altura	ene	20	0	15.410	0.263	1.176	13.600	14.350	15.400	16.425	17.40
	feb	20	0	15.585	0.259	1.159	13.700	14.525	15.700	16.525	17.50
	mar	20	0	15.585	0.259	1.159	13.700	14.525	15.700	16.525	17.50
	abr	20	0	15.700	0.259	1.159	13.800	14.625	15.850	16.625	17.60
	may	20	0	16.135	0.255	1.138	14.300	15.025	16.300	17.025	18.00
	jun	20	0	16.605	0.255	1.140	15.000	15.450	16.500	17.525	18.50
	jul	20	0	17.140	0.254	1.138	15.600	15.950	17.050	18.050	19.10

	ago	20	0	17.515	0.257	1.149	16.100	16.350	17.450	18.500	19.500
	sep	20	0	17.975	0.254	1.136	16.600	16.850	17.950	18.925	20.000
	oct	20	0	18.195	0.258	1.155	16.700	16.975	18.250	19.250	20.100
	nov	20	0	15.390	0.259	1.158	13.500	14.325	15.500	16.325	17.300
	dic	20	0	15.390	0.259	1.158	13.500	14.325	15.500	16.325	17.300
N.de hojas	ene	20	0	5.150	0.342	1.531	2.000	4.250	5.000	6.750	7.000
	feb	20	0	1.100	0.161	0.718	0.000000000	1.000	1.000	2.000	2.000
	mar	20	0	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
	abr	20	0	1.2500	0.0993	0.4443	1.0000	1.0000	1.0000	1.7500	2.0000
	may	20	0	3.450	0.153	0.686	3.000	3.000	3.000	4.000	5.000
	jun	20	0	6.400	0.303	1.353	5.000	5.000	6.000	8.000	8.000
	jul	20	0	9.800	0.268	1.196	8.000	9.000	10.000	10.000	12.000
	ago	20	0	11.750	0.347	1.552	9.000	11.000	12.000	13.000	14.000
	sep	20	0	14.350	0.319	1.424	12.000	13.000	14.000	15.750	17.000
	oct	20	0	15.350	0.319	1.424	13.000	14.000	15.000	16.750	18.000
	nov	20	0	7.900	0.481	2.150	5.000	6.000	8.000	9.750	12.000
	dic	20	0	6.900	0.383	1.714	4.000	6.000	6.500	8.000	10.000

### Results for Ambiente = vivero, Sustrato = agrolita

Variable	Tiempo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	ene	20	0	2.570	0.111	0.495	2.200	2.200	2.300	3.275	3.400
	feb	20	0	2.645	0.110	0.491	2.200	2.300	2.400	3.300	3.400
	mar	20	0	2.645	0.110	0.491	2.200	2.300	2.400	3.300	3.400
	abr	20	0	2.755	0.108	0.485	2.300	2.400	2.500	3.400	3.500
	may	20	0	3.110	0.105	0.470	2.600	2.725	2.900	3.675	3.900
	jun	20	0	3.4900	0.0986	0.4412	3.0000	3.2000	3.3000	3.8750	4.4000
	jul	20	0	4.1650	0.0859	0.3843	3.8000	3.9000	4.0000	4.2000	5.0000
	ago	20	0	4.7100	0.0937	0.4191	4.2000	4.4000	4.6000	4.8750	5.5000
	sep	20	0	5.165	0.100	0.448	4.600	4.800	5.000	5.475	6.000
	oct	20	0	5.4450	0.0922	0.4123	4.9000	5.1000	5.3000	5.8000	6.1000
	nov	20	0	2.300	0.105	0.470	2.000	2.000	2.000	3.000	3.000
	dic	20	0	2.380	0.111	0.498	2.000	2.025	2.100	3.075	3.200

Altura	ene	20	0	15.355	0.238	1.063	14.000	14.525	15.150	15.900	18.400
	feb	20	0	15.435	0.235	1.052	14.000	14.625	15.200	16.000	18.500
	mar	20	0	15.435	0.235	1.052	14.000	14.625	15.200	16.000	18.500
	abr	20	0	15.580	0.233	1.042	14.200	14.750	15.350	16.200	18.600
	may	20	0	16.125	0.236	1.057	14.600	15.300	15.900	16.675	19.000
	jun	20	0	16.750	0.245	1.095	15.200	15.925	16.600	17.375	19.600
	jul	20	0	17.605	0.242	1.082	16.100	16.850	17.450	18.350	20.400
	ago	20	0	18.290	0.235	1.052	16.900	17.525	18.100	18.950	21.000
	sep	20	0	18.770	0.239	1.068	17.300	18.000	18.600	19.500	21.500
	oct	20	0	18.935	0.269	1.204	16.600	18.125	18.850	19.800	21.700
	nov	20	0	15.210	0.238	1.063	13.800	14.425	15.000	15.775	18.300
	dic	20	0	15.250	0.235	1.053	13.900	14.425	15.050	15.800	18.300
N.de hojas	ene	20	0	3.950	0.344	1.538	2.000	3.000	4.000	5.000	8.000
	feb	20	0	0.650	0.131	0.587	0.000000000	0.000000000	1.000	1.000	2.000
	mar	20	0	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
	abr	20	0	1.1500	0.0819	0.3663	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	2.0000
	may	20	0	3.900	0.228	1.021	2.000	3.000	4.000	5.000	5.000
	jun	20	0	6.750	0.481	2.149	4.000	4.250	7.000	8.750	10.000
	jul	20	0	9.500	0.545	2.439	5.000	7.000	10.500	11.000	13.000
	ago	20	0	11.700	0.657	2.940	7.000	9.000	12.000	14.000	16.000
	sep	20	0	13.250	0.692	3.093	8.000	10.250	13.500	16.750	18.000
	oct	20	0	15.050	0.694	3.103	10.000	12.250	15.000	18.000	20.000
	nov	20	0	7.350	0.519	2.323	4.000	5.250	7.000	9.000	12.000
	dic	20	0	6.450	0.495	2.212	4.000	4.250	6.000	8.000	11.000

### Results for Ambiente = vivero, Sustrato = tierra

Variable	Tiempo	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
Diametro	ene	20	0	2.610	0.121	0.541	2.100	2.100	2.200	3.200	3.300
	feb	20	0	2.695	0.117	0.523	2.200	2.200	2.300	3.275	3.300
	mar	20	0	2.695	0.117	0.523	2.200	2.200	2.300	3.275	3.300
	abr	20	0	2.780	0.113	0.506	2.300	2.300	2.400	3.300	3.400
	may	20	0	3.1100	0.0984	0.4400	2.7000	2.7000	2.8000	3.5750	3.8000
	jun	20	0	3.5000	0.0824	0.3685	2.9000	3.2000	3.3000	3.8000	4.3000

	jul	20	0	3.9250	0.0739	0.3307	3.3000	3.7000	3.8000	4.1000	4.8000
	ago	20	0	4.2600	0.0720	0.3218	3.6000	4.1000	4.2000	4.3000	5.2000
	sep	20	0	4.6400	0.0799	0.3575	3.8000	4.5000	4.6000	4.7000	5.7000
	oct	20	0	4.7400	0.0799	0.3575	3.9000	4.6000	4.7000	4.8000	5.8000
	nov	20	0	2.450	0.114	0.510	2.000	2.000	2.000	3.000	3.000
	dic	20	0	2.460	0.117	0.523	2.000	2.000	2.000	3.000	3.100
Altura	ene	20	0	15.380	0.265	1.186	13.600	14.525	15.150	16.225	17.900
	feb	20	0	15.380	0.277	1.237	13.600	14.425	15.200	16.225	18.000
	mar	20	0	15.380	0.277	1.237	13.600	14.425	15.200	16.225	18.000
	abr	20	0	15.450	0.273	1.221	13.700	14.525	15.100	16.325	18.100
	may	20	0	15.825	0.253	1.130	14.100	14.925	15.650	16.475	18.300
	jun	20	0	16.265	0.242	1.084	14.600	15.250	16.150	16.900	18.500
	jul	20	0	16.710	0.233	1.044	15.100	15.600	16.650	17.400	18.800
	ago	20	0	17.070	0.226	1.009	15.500	16.025	17.000	17.800	19.000
	sep	20	0	17.495	0.216	0.966	15.800	16.525	17.400	18.275	19.200
	oct	20	0	17.590	0.216	0.965	15.900	16.625	17.500	18.375	19.300
	nov	20	0	15.235	0.273	1.222	13.500	14.250	15.050	16.125	17.800
	dic	20	0	15.235	0.273	1.222	13.500	14.250	15.050	16.125	17.800
N.de hojas	ene	20	0	4.650	0.264	1.182	3.000	4.000	4.500	5.000	7.000
	feb	20	0	1.150	0.196	0.875	0.000000000	1.000	1.000	1.750	3.000
	mar	20	0	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000	0.000000000
	abr	20	0	1.2000	0.0918	0.4104	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	2.0000
	may	20	0	2.2000	0.0918	0.4104	2.0000	2.0000	2.0000	2.0000	3.0000
	jun	20	0	4.600	0.112	0.503	4.000	4.000	5.000	5.000	5.000
	jul	20	0	6.350	0.209	0.933	5.000	5.250	7.000	7.000	8.000
	ago	20	0	7.750	0.260	1.164	6.000	7.000	7.500	8.750	10.000
	sep	20	0	9.400	0.358	1.603	7.000	8.000	9.500	10.000	12.000
	oct	20	0	10.550	0.380	1.701	8.000	9.000	11.000	11.750	13.000
	nov	20	0	8.150	0.483	2.159	5.000	7.000	8.000	9.000	13.000
	dic	20	0	6.800	0.381	1.704	4.000	5.250	7.000	7.750	11.000

N: número total de datos, Mean: media, SE Mean: error estandar de la media, StDev: desviación estandar, Minimum: valor mínimo, Q1: cuartil 1, Median: cuartil 2 o mediana, Q3: cuartil 3, Maximum: valor Maximo.

# ANOVA

## Apéndice 3

### Análisis de varianza para Diametro

**Analysis of Variance for Diametro**, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Ambiente	1	21.093	21.093	21.093	97.34	0.000
Sustrato	1	3.255	3.255	3.255	15.02	0.000
Tiempo	11	636.108	636.108	57.828	266.86	0.000
Ambiente*Sustrato	1	14.138	14.138	14.138	65.24	0.000
Ambiente*Tiempo	11	19.065	19.065	1.733	8.00	0.000
Sustrato*Tiempo	11	1.384	1.384	0.126	0.58	0.846
Ambiente*Sustrato*Tiempo	11	19.944	19.944	1.813	8.37	0.000
Error	912	197.630	197.630	0.217		
Total	959	912.617				

S = 0.465511    R-Sq = 78.34%    R-Sq(adj) = 77.23%

## Análisis de varianza para Altura

**Analysis of Variance for Altura**, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Ambiente	1	15.352	15.352	15.352	12.27	0.000
Sustrato	1	1.411	1.411	1.411	1.13	0.289
Tiempo	11	908.064	908.064	82.551	65.99	0.000
Ambiente*Sustrato	1	73.593	73.593	73.593	58.83	0.000
Ambiente*Tiempo	11	24.627	24.627	2.239	1.79	0.052
Sustrato*Tiempo	11	1.140	1.140	0.104	0.08	1.000
Ambiente*Sustrato*Tiempo	11	52.284	52.284	4.753	3.80	0.000
Error	912	1140.799	1140.799	1.251		
Total	959	2217.269				

S = 1.11843    R-Sq = 48.55%    R-Sq(adj) = 45.90%

## Análisis de varianza para número de hojas

Analysis of Variance for N.de hojas, using Adjusted SS for Tests

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F	P
Ambiente	1	16.54	16.54	16.54	7.27	0.007
Sustrato	1	78.20	78.20	78.20	34.36	0.000
Tiempo	11	14204.24	14204.24	1291.29	567.33	0.000
Ambiente*Sustrato	1	940.10	940.10	940.10	413.03	0.000
Ambiente*Tiempo	11	46.14	46.14	4.19	1.84	0.043
Sustrato*Tiempo	11	70.32	70.32	6.39	2.81	0.001
Ambiente*Sustrato*Tiempo	11	1292.62	1292.62	117.51	51.63	0.000
Error	912	2075.80	2075.80	2.28		
Total	959	18723.96				

S = 1.50867 R-Sq = 88.91% R-Sq(adj) = 88.34%