



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

**SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN EN EL
DESARROLLO VEGETATIVO DE LA ORQUÍDEA**

Laelia anceps

T E S I
QUE PRESENTA
NADIA JIMÉNEZ PEÑA
COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS EN
HORTICULTURA



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES



Chapingo, Estado de México., Abril del 2008



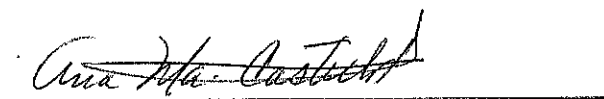
BIBLIOTECA

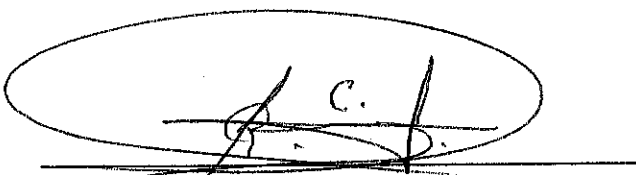
SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE LA ORQUÍDEA *Laelia anceps*

Tesis realizada por **Nadia Jiménez Peña** bajo la dirección del Ph. D. Ma. Teresa Beryl Colinas León y aprobada por el Comité Asesor indicado, y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

DIRECTOR: 
Ph. D. María Teresa Beryl Colinas León

ASESOR: 
Dra. Ana María Castillo González

ASESOR: 
Dr. Rogelio Castro Brindis

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de Maestría.

A la Universidad Autónoma Chapingo, por su formación académica y la obtención del grado.

A la Ph.D. María Teresa Beryl Colinas León, por el apoyo en la realización del experimento, así como el tiempo concedido en la revisión de este trabajo y por sus comentarios acertados.

A la Dra. Ana María Castillo González, por las sugerencias para la realización y culminación de ésta investigación.

Al Dr. Rogelio Castro Brindis por su paciencia, dedicación, apoyo y revisión de la presente investigación.

A mis compañeros de generación de maestría y doctorado, por los buenos y agradables momentos que compartimos.

DEDICATORIA

Con todo mi cariño, respeto y admiración:

A mis padres: Jorge Jesús Jiménez Jiménez y María de los Ángeles Peña Linares

y mi hermano: Iván de J. Jiménez Peña

DATOS BIOGRAFICOS

Autora de la presente tesis: Nadia Jiménez Peña de nacionalidad Mexicana, realizó sus estudios de Licenciatura en la Facultad de Ciencias Agrícolas, Campus Xalapa de la Universidad Veracruzana, Veracruz, México, durante el ciclo de 1999-2003, obteniendo el título de Ingeniero Agrónomo.

Realizó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura con orientación en floricultura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo de 2005-2006.

Actualmente profesora de la Escuela Secundaria Particular Fernando de Alva Ixtlibóchitl.

CONTENIDO

	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	
ÍNDICE DE FIGURAS DE ANEXOS	
ÍNDICE DE CUADROS DE ANEXOS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Importancia de las orquídeas como plantas ornamentales	4
2.2. Botánica de las orquídeas	6
2.3. Descripción Botánica de <i>Laelia anceps</i>	11
2.4. Clasificación Taxonómica de <i>Laelia anceps</i>	12
2.5. Requerimientos Ambientales	12
2.6. Fertilización	14
2.7. Nutrición mineral	15
2.8. Sustratos	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1. Ubicación del Área Experimental	21
3.2. Obtención del Material Vegetal	21
3.3. Sustratos y Mezclas	21
3.4. Soluciones nutritivas	22
3.5. Diseño de tratamientos	24
3.6. Diseño experimental y análisis de datos	24
3.7. Manejo del experimento	24
3.8. Variables estudiadas	25
3.8.1. Peso fresco	25
3.8.2. Peso seco	25
3.8.3. Área foliar	26
3.8.4. Análisis nutrimental	26

4. RESULTADO Y DISCUSIÓN	27
4.1 Comportamiento de las órganos de la planta de <i>Laelia anceps</i>	27
4.1.1 Análisis de Varianza	27
4.1.2 Soluciones nutritivas	28
4.1.3 Comparación de medias para sustratos	28
4.1.4 Comparación de medias para la interacción concentración de la solución nutritiva-sustratos	30
4.2. Peso fresco de raíces	31
4.2.2. Peso seco de raíz	32
4.2.3. Peso fresco de pseudobulbos	34
4.2.4. Peso seco de pseudobulbos	36
4.2.5. Peso fresco de hojas	38
4.2.6. Peso seco de hojas	40
4.2.7. Peso fresco total	42
4.2.8. Peso seco total	44
4.2.9. Área foliar	45
4.3. Análisis Nutricional en diferentes órganos de <i>Laelia anceps</i>	48
4.3.1. Nitrógeno	48
4.3.1.1. Raíz	48
4.3.1.2. Foliar	49
4.3.2. Fósforo	50
4.3.2.1. Raíz	50
4.3.2.2. Foliar	51
4.3.3. Potasio	52
4.3.3.1. Raíz	52
4.3.3.2. Foliar	53
4.3.4. Calcio	54
4.3.4.1. Raíz	54
4.3.4.2. Foliar	55
4.3.5. Magnesio	56
4.3.6. Micronutrientes	57

5. CONCLUSIONES

60

ANEXOS

61

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
Cuadro 1.	Concentración de nutrimentos en <i>Cymbidium</i> .	17
Cuadro 2.	Concentración de nutrimentos en <i>Cymbidium</i> .	17
Cuadro 3.	Concentración de nutrimentos en <i>Phalaenopsis</i> .	17
Cuadro 4.	Concentración de nutrimentos en <i>Cattleya</i> sp.	18
Cuadro 5.	Acumulación de nutrimentos en diferentes órganos de plantas de <i>Laelia speciosa</i> .	18
Cuadro 6.	Mezclas de sustratos evaluados en el desarrollo de plantas de <i>Laelia anceps</i> ; cada cifra corresponde a la proporción con base en volumen de cada componente en la mezcla.	22
Cuadro 7.	Características físicas de los componentes principales de las mezclas de sustratos utilizadas para el cultivo de <i>Laelia anceps</i> .	22
Cuadro 8.	Concentraciones de soluciones nutritivas basadas en la solución de Hoagland, utilizadas en el cultivo de plantas de <i>Laelia anceps</i> , en invernadero.	23
Cuadro 9.	Análisis químico del agua utilizada para preparar la solución nutritiva.	23
Cuadro 10.	Sales utilizadas en la preparación de soluciones nutritivas de Hoagland.	23
Cuadro 11.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso fresco raíz en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por 8 meses.	32
Cuadro 12.	Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso fresco en raíz en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	32
Cuadro 13.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato	34

	en el peso seco raíz en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	
Cuadro 14.	Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso seco en raíz en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	34
Cuadro 15.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso fresco pseudobulbos en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	35
Cuadro 16.	Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso fresco en pseudobulbos en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	36
Cuadro 17.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso seco pseudobulbos en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por 8 meses.	37
Cuadro 18.	Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso seco de pseudobulbos en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	38
Cuadro 19.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso fresco foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	39
Cuadro 20.	Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso fresco foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	39
Cuadro 21.	Modelos estimados para determinar el efecto de la	40

	concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso seco foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	
Cuadro 22.	Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso seco foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	42
Cuadro 23.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso fresco total en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	43
Cuadro 24.	Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso fresco total en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	43
Cuadro 25.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso seco total en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	44
Cuadro 26.	Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso seco total en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	45
Cuadro 27.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el área foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	46
Cuadro 28.	Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener máxima y mínima área foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	47
Cuadro 29.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la	49

	concentración de la solución y la formulación del sustrato en el nitrógeno (%) en raíces de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	
Cuadro 30.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de nitrógeno foliar (%) de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	50
Cuadro 31.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de fósforo (%) en raíces de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	51
Cuadro 32.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de fósforo foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por 8 meses.	52
Cuadro 33.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de potasio en raíces de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	53
Cuadro 34.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de potasio foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	54
Cuadro 35.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de calcio en raíces de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	55
Cuadro 36.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de calcio foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	55

Cuadro 37.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de magnesio en raíces de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	56
Cuadro 38.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de magnesio foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	56
Cuadro 39.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de boro en raíces de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	57
Cuadro 40.	Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato la concentración de boro foliar de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	57
Cuadro 41.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de cobre en raíces de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	58
Cuadro 42.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de fierro en raíces y foliar de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por 8 meses.	59
Cuadro 43.	Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de zinc en raíces y foliar de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por 8 meses.	59

ÍNDICE DE FIGURAS DE ANEXOS

Figura		Pág.
Figura 1A.	Superficie de respuesta del peso seco de raíces en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses en función de la mezcla de sustratos y de la concentración de la solución nutritiva.	73
Figura 2A.	Superficie de respuesta del peso seco foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses en función de la mezcla de sustratos y de la concentración de la solución nutritiva.	74
Figura 3A.	Superficie de respuesta del peso fresco total en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses en función de la mezcla de sustratos y de la concentración de la solución nutritiva.	75
Figura 4A.	Superficie de respuesta del peso seco total en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses en función de la mezcla de sustratos y de la concentración de la solución nutritiva.	76

INDICE DE CUADROS DE ANEXOS

Cuadro		Pág.
Cuadro 1A.	Resumen de análisis de varianza de caracteres evaluados en <i>Laelia anceps</i> bajo tres concentraciones de soluciones nutritivas y 13 mezclas de sustratos.	62
Cuadro 2A.	Comparación de pruebas de medias en órganos de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	63
Cuadro 3A.	Comparación de pruebas de medias en órganos de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	64
Cuadro 4A.	Comparación de pruebas de medias del contenido foliar de macros y micronutrientes de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	65
Cuadro 5A.	Comparación de pruebas de medias del contenido de macros y micronutrientes de raíces de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	66
Cuadro 6A.	Interacción de medias de peso seco en órganos de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	67-68
Cuadro 7A.	Contenido de macro y micronutrientes foliar en plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	69-70
Cuadro 8A.	Contenido de macro y micronutrientes de raíz de plantas de <i>Laelia anceps</i> desarrolladas por ocho meses.	71-72

SUSTRATOS Y FERTILIZACIÓN EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DE LA ORQUÍDEA *Laelia anceps*

SUBSTRATES AND FERTILIZATION IN THE VEGETATIVE DEVELOPMENT OF THE ORCHID *Laelia anceps*

Nadia Jiménez-Peña¹, Ma. Teresa Beryl Colinas-León²

RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objetivo de obtener información del cultivo de la orquídea *Laelia anceps* con relación a la fertilización y sustratos adecuados para el mejor desarrollo de la especie, ya que se carece de información como suministrarlos eficientemente para acelerar el desarrollo. El experimento se realizó de mayo a diciembre del 2006 en condiciones de invernadero, se evaluó la respuesta de tres concentraciones de soluciones nutritivas basadas en la solución de Hoagland, utilizando concentraciones de 66, 100 y 133 %. Así también se evaluaron tres sustratos; carbón, tezontle y turba puros y la mezcla de estos sustratos obteniendo 10 mezclas. Se realizaron análisis nutrimentales al final de la fase de invernadero en raíces, hojas y pseudobulbos. El mejor tratamiento fue cuando se utilizó la concentración nutritiva al 100 % y utilizando como sustrato tezontle ó turba en su forma pura, pues las plantas presentaron niveles altos en las variables de peso fresco, peso seco, así como área foliar, además en estos tratamientos se presentaron niveles óptimos o recomendados en macro y micronutrientes.

Palabras clave: *Laelia anceps*, soluciones nutritivas, sustratos.

ABSTRACT

The present study was done for the purpose of obtaining information about the culture of the orchid *Laelia anceps* using different substrates and to study the way to apply fertilizer to accelerate growth. The experiment took place from May to December 2006 under greenhouse conditions. Three different concentrations (66%, 100% and 133%) of the Hoagland nutritive solution were evaluated. The substrates evaluated were: coal, crushed volcanic rock, and peat moss separately and mixed resulting in 10 different combinations. At the end of the experiment, the nutrient content in roots, stems and pseudobulbs was analyzed. The best treatment was a combination of the 100% nutrient solution concentration with crushed volcanic rock or peat moss as the substrate. These plants showed the highest values in fresh and dry weight, as well as in foliar area. In these treatments the optimum or recommended levels of macro and micronutrients were obtained.

Key words: *Laelia anceps*, nutritive solution, substrates.

¹ Autor de Tesis/ Thesis writer

² Director de Tesis/ Thesis Director

1. INTRODUCCIÓN

La familia Orchidaceae es una de las más grandes del reino vegetal, se estima que en la actualidad existen cerca de 30,000 especies naturales agrupadas entre 600 y 800 géneros y alrededor de 15,000 híbridos. Estas se encuentran distribuidas por casi todas las zonas del mundo, aunque con mayor diversidad en las regiones tropicales y subtropicales, y cada día se descubren nuevas especies (Hagsater *et al.* 2005; U.N.A.N. 1997). Se estima que en México existen aproximadamente de 1000 a 1200 especies (Espejo-Serna y López-Ferrari 1997, 1998; Soto, 1998).

El género *Laelia* se considera como uno de los géneros más atractivos y de fácil manejo, este género es endémico de México y uno de los más sobresalientes entre la flora de nuestro país, algunas especies son hoy en día una rareza en México y en el mundo, además de que están protegidas por la NOM-ECOL-059 ya que algunas de ellas se encuentran en peligro de extinción (Anónimo, 2001a). Este género se distribuye desde México hasta Argentina, encontrando la mayor cantidad de especies en Brasil. En nuestro país se le encuentra principalmente en los estados de Chiapas, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla y Veracruz. Las plantas se encuentran adornando patios o son ofrecidas en celebraciones religiosas o festividades durante el año, siendo noviembre el mes más importante. De acuerdo a esto se les da su nombre común: conociéndolas como calaveritas, lirios de todos los santos, flor de muerto, flor de las ánimas, entre otros ((Anónimo, 2001a; Navarro *et al.*, 2001; Martínez-Sánchez *et al.*, 2002; Sheehan y Sheehan, 1994).

Por su valor estético, fragancias, tamaño y variados colores, las orquídeas se encuentran entre las flores más atractivas del mundo y se han convertido en una de las ornamentales de mayor valor comercial, por lo que es necesario implementar el cultivo y propagación de las especies endémicas ya que en la

actualidad se cuenta con escasas poblaciones debido a la colecta y saqueo inmoderado que han sufrido.

La información disponible sobre sustratos y fertilidad en orquídeas sugiere que muchos materiales son útiles para cultivarlas, pero la mayoría de estos conocimientos se basa en experiencias personales y no en estudios científicos. Los investigadores han sugerido la necesidad de estudiar los diversos medios de cultivo (Poole y Sheehan, 1977; Sheehan, 1961). La corteza de abeto es un sustrato muy utilizado; pero a pesar de su amplio uso, poco se sabe acerca de sus interacciones con los fertilizantes y de cómo afecta la nutrición de las orquídeas. Se ha reportado que *Phalaenopsis* y *Dendrobium*, así como un híbrido de *Laeliocattleya*, plantadas en corteza de abeto al 100 %, no crecieron bien y produjeron pocas flores, en comparación con aquellas plantadas en una mezcla de corteza con materiales que retienen agua tales como la turba y la vermiculita. Esto demuestra que las orquídeas reaccionan muy bien a mezclas de sustratos y diferentes dosis de fertilización, ya que representaron un mejor crecimiento y una mayor calidad las plantas de orquídeas (Wang, 1996; Wang y Konow, 2002).

Las orquídeas tienen ciertas preferencias en cuanto a su nutrición. Además de dióxido de carbono y agua, las orquídeas necesitan sustancias nutritivas como todas las plantas. El nitrógeno (N), el fósforo (P) y el potasio (K) son nutrientes básicos; el azufre (S), el calcio (Ca) y el magnesio (Mg), son nutrientes secundarios, y el hierro (Fe), el manganeso (Mn), el cobre (Cu), el zinc (Zn) y otros son oligoelementos (Pinske, 2004). El problema de la nutrición y fertilización de orquídeas es de los más comunes e importantes, debido al poco uso de los fertilizantes y al desconocimiento de cómo suministrarlos eficientemente para acelerar el crecimiento vegetativo, aumentar la precocidad en la floración y prolongar su vida postcosecha (Espinosa-Moreno, 1997). Además, la nutrición está en función del sustrato que se utilice, siendo este tema uno de los factores que hace que el cultivo de las orquídeas sea tan diferente del resto de las plantas, ya que existen orquídeas epífitas, terrestres y rupícolas. Esto significa que las

orquídeas tienen diferentes requerimientos tanto de sustrato como nutricionales, por lo que existe una gran variedad en la composición de mezclas de sustratos, siendo muy difícil determinar la mejor composición.

De manera general se acepta que las orquídeas son plantas que no responden a la fertilización constante, o bien responden lentamente a esta práctica. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que las orquídeas reaccionan muy bien a la fertilización cuando se aplica mediante solución nutritiva, acelerando el crecimiento de algunas como es el caso de *Phalaenopsis*, *Dendrobium*, *Cymbidium* y el híbrido *Laeliocattleya*, en función del sustrato utilizado (Wang, 1996, 2000).

En nuestro país, el cultivo de las orquídeas, sobre todo silvestres, es un campo que apenas se está desarrollando. Sin embargo, existe una gran demanda interna y externa, por lo que a futuro la propagación en invernaderos puede convertirse en una actividad económica importante, además de que constituye una forma de conservación y rescate de especies en vías de extinción.

Por tal motivo, en ésta investigación se plantearon los objetivos siguientes:

- a) Determinar la respuesta de *L. anceps* a tres tipos de sustratos: turba, tezontle y carbón vegetal, así como a las combinaciones entre ellos.
- b) Determinar la interacción entre el sustrato y la concentración de la solución de Hoagland sobre el desarrollo de esta especie.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia de las orquídeas como plantas ornamentales

En nuestro país, la producción de flores y plantas ornamentales es una actividad económicamente importante en lugares como el Estado de México, Puebla, Morelos, San Luís Potosí, Guerrero, Michoacán y Jalisco, entre otros. Estos estados participan en esta actividad por las condiciones favorables, pues México está considerado como un país rico en recursos naturales ya que cuenta con todos los elementos a su favor: climas, suelos, costos de producción bajos, y cercanía a uno de los mercados más importantes (Estados Unidos). En resumen, México tiene un amplio potencial para producir una gran cantidad de productos agrícolas, entre ellos una gran variedad de flores (Anónimo, 2006c).

Es interesante observar como algunos países basan su economía en la producción y comercialización de flores, como es Holanda, pues no cabe duda que por muchos años ha sido catalogado como el más importante actor del mercado florícola mundial, debido a que su producción y comercio es el más importante y no hay país que lo iguale. En el 2004 exportó 3,009.49 millones de dólares a pesar de contar con ciertas limitantes como es un territorio pequeño, altos costos de producción, clima poco favorable, mayores exigencias por parte del gobierno en materia de control ambiental y del uso de fertilizantes, plaguicidas, etc. (Anónimo, 2006c).

La floricultura en México es una actividad que ha demostrado ser rentable, ya que permite una relativamente rápida recuperación de las inversiones que se requieren para el establecimiento de cultivos de plantas ornamentales. La floricultura tropical es una opción con alto potencial de desarrollo, puesto que los estados del sur del país cuentan con las condiciones naturales para su explotación. Del mercado mundial de flores, el 3% corresponde a las flores tropicales, dentro de las cuales se encuentran algunas especies muy apreciadas, debido a que producen flores

muy llamativas o atractivos follajes. Entre éstas se encuentran las orquídeas, bromelias, gingers, proteas, heliconias y anturios, en conjunto conocidas como flores exóticas (Valdez-Aguilar y Hernández-Olaya, 2005).

Desde la antigüedad, las orquídeas han sido unas de las flores que tienen mayor preferencia como plantas de ornato, esto se atribuye a su rareza, vistosos colores, aromas y formas. Sin embargo, las orquídeas enfrentan un problema: muchas de las especies endémicas están en peligro de extinción. Esto es producto de la alteración de su hábitat causado por la tala de bosques e incendios forestales, ocasionando que la flora y fauna esté desapareciendo (Navarro-López *et al.*, 2001). Adicionalmente, la colecta y saqueo inmoderado que han sufrido en el presente y en el pasado también contribuye a la extinción de orquídeas endémicas.

El comercio de exportación e importación del mundo de flores de corte de orquídeas y plantas de orquídea excedieron los \$150 millones de dólares en el año 2000. De éstos, \$128 millones de dólares fue en flores de corte de orquídea y cerca de \$23 millones de dólares en plantas de orquídea, según Estadísticas Comerciales de Naciones Unidas para el año 2000 (Laws, 2002). Asia domina el comercio mundial: Tailandia exportó \$50 millones de dólares en orquídeas de corte y \$4 millones de dólares en plantas de orquídea, sobre todo a Japón. Tailandia es el exportador más grande de orquídea del mundo con 2.240 has de orquídeas en producción. Singapur es también un exportador importante, con \$7.7 millones de dólares en exportaciones de flores de corte y \$8,000 dólares en plantas de orquídeas. Malasia, mucho más pequeño, exportó \$2.8 millones de dólares en flores de corte de orquídeas y \$15,000 dólares en plantas en maceta. Nueva Zelanda exportó \$830,000 dólares en orquídeas de corte y \$93,000 dólares en plantas de orquídea. Solamente un país europeo es un exportador significativo de orquídeas: Italia, el cual exportó \$652,000 dólares en orquídeas de corte y \$399,000 dólares en plantas de maceta. El comercio de flores de corte de

orquídea en el mundo es ocho veces más importantes que el comercio mundial en plantas de orquídea (Laws, 2002).

2.2. Botánica de las orquídeas

Las orquídeas son plantas herbáceas con una estructura básica similar a la de muchas otras monocotiledóneas; perennes, epífitas o terrestres, a veces trepadoras, raramente subacuáticas, algunas veces saprófitas. Tienen hábito de crecimiento monopodial (con inflorescencias laterales y crecimiento apical continuo) o simpodial (con crecimiento limitado) (García-Cruz y Sosa, 1998).

Las raíces de las orquídeas son simples o ramificadas, carnosas y con un diámetro aproximado de entre 1 y 10 mm, dependiendo de las especies. Por lo general son circulares en corte transversal, aunque en algunas epífitas son muy aplanadas (Hágsater *et al.*, 2005; Sarmiento-Fradera y Romero-Giordano, 2000).

Para su desarrollo sobre los árboles y las rocas, las orquídeas han desarrollado una capa que envuelve a las raíces llamado "velamen", parecido a un forro esponjoso que puede ser blanco o verdoso; este último color lo adquieren porque en él se realiza fotosíntesis, inclusive hay casos extremos en que todo el proceso lo realizan las raíces, desapareciendo las hojas por completo (Goh y Kluge, 1989; Hágsater *et al.*, 2005; Pinske, 2004; Sarmiento-Fradera y Romero-Giordano, 2000).

La función general del velamen es facilitar la absorción y retención de agua, lo cual es de gran importancia para las especies que viven sobre las ramas de los árboles, donde el agua no siempre está disponible, ya que ésta sólo se obtiene cuando llueve. Además de esas raíces, cuya función es absorber agua y nutrientes y fijar la planta al sustrato, algunas orquídeas epífitas producen un tipo diferente de raíces que consiste en raicillas muy delgadas y rígidas que crecen verticalmente hacia arriba y contribuyen a enriquecer el sustrato de la planta al capturar hojarasca y otros detritos orgánicos (Hágsater *et al.*, 2005).

Otra característica de las raíces es que sólo crecen durante un periodo vegetativo, suspenden su crecimiento con el brote y, aun así, conservan plena funcionalidad. Con el nuevo brote siempre se forman raíces nuevas, por eso las raíces que hayan sido destruidas no vuelven a regenerarse (Hágsater *et al.*, 2005; Pinske, 2004; Sarmiento-Fradera y Romero-Giordano, 2000).

Los pseudobulbos son tallos aéreos notablemente engrosados, están presentes en muchas orquídeas epífitas y algunas terrestres o rupícolas, constituyen almacenes de agua y sustancias de reserva, como almidón, que son utilizados al menos en parte, para sustentar la producción de flores y frutos y el desarrollo de nuevos vástagos (Hágsater *et al.*, 2005; Yew y Sin, 2000)

El éxito de las orquídeas en adaptarse a su hábitat se debe en parte a sus hojas, pues donde las condiciones del clima son extremadamente secas en algún periodo del año, las hojas son suculentas y actúan como estructuras de reserva, dejando que las plantas sobrevivan durante largos periodos de sequía (Alderete y Carpello, 1998). Las hojas de las orquídeas cumplen con las funciones básicas que desempeñan la mayoría de las hojas de las plantas, es decir, la transpiración y el intercambio gaseoso (Pridgeon, 1982).

Las flores son la parte más conspicua y atractiva de las orquídeas y han sido objeto de numerosos estudios (e.g. Richard, 1817; Darwin, 1877)

La estructura básica de las flores esta compuesta de seis piezas que son: tres sépalos y tres pétalos. Entre los pétalos y sépalos (laterales) en muchas de las especies no existe una gran diferencia, ya que pueden presentar los mismos colores y formas. El ovario es ínfero y la placentación puede ser axilar o parietal. Dentro del grupo de pétalos, existe uno que generalmente se ubica hacia la parte inferior de la flor. Este es un pétalo modificado llamado labio o labelo, que por lo general presenta importantes modificaciones de colores y formas, es de un mayor tamaño y vistosis, ya que es el encargado de atraer a los agentes polinizantes.

Las flores de las orquídeas en su mayoría presentan una simetría bilateral, pero existen algunos géneros (*Ludisa*, *Mormodes* y *Stelis*) que por la rotación del labelo o la columna esta condición de simetría se pierde, dando una apariencia totalmente asimétrica (Sheehan, 1998).

Las flores de las orquídeas por lo general son hermafroditas y portan tanto órganos sexuales masculinos (estambres y anteras) como femeninos (ovario, estilo y estigma). Sin embargo, hay algunos casos en que los sexos están separados ya sea en el tiempo o en el espacio (Ackerman, 1975).

El hecho de que los dos sexos estén en la misma flor, hace pensar que el polen podría caer fácilmente en el estigma, provocando la autofecundación. Contrario a lo que parece, en orquídeas rara vez se produce este fenómeno por la presencia del rostelo y a otras características que han desarrollado estas plantas, como bloqueando el crecimiento de sus propias células sexuales (Sarmiento-Fradera y Romero-Giordano, 2000).

Después de la fecundación se desarrolla el fruto, el cual es una cápsula dehiscente, aunque en algunos casos puede ser una vaina carnosa. Comúnmente las cápsulas son de forma ovoide, elíptica, cilíndrica o piriforme; pueden medir de 0.5 a 5 cm de diámetro y de 0.5 hasta 15 cm de largo dependiendo del género y las especies (Sheehan, 1998), y como todas las plantas con flor, contiene semillas. El número de semillas por fruto varía entre unos pocos miles y cuatro millones; su tamaño es muy pequeño, miden entre 0.3 y 4.0 mm de largo y pesan por lo general entre 0.4 y 2.0 μg (Arditti, 1992).

Las *Laelia* evocan el clásico concepto popular de orquídeas; son muy bellas, muchas son abundantes y fáciles de cultivar. No es sorprendente que aquí en México sean las orquídeas por antonomasia y ocupen un lugar privilegiado en la cultura. Son las flores de las principales celebraciones religiosas, de los bautizos, de las bodas y también las que ofrecen a los difuntos.

Laelia anceps subsp. *Dawsonii* era cultivada por los triques del sur de Oaxaca al menos desde 1892. MacDougall (1943) menciona que las flores eran utilizadas en celebraciones de la Virgen de Juquila, uno de los santuarios católicos más importantes del sur de México. Esto debido a que es una flor blanca, pura, exquisita, escasísima y cuya floración coincide con la celebración del 12 de diciembre (Hagsater *et al.*, 2005).

El 2 de Noviembre el cementerio del pueblo de Chilapa, Guerrero, es todo un espectáculo: las tumbas cubiertas de cempasúchil y las cruces con ramos de "calaveritas" (*Laelia anceps* subsp. *dawsonii* f. *chilapensis*) y *Barkeria scandens* son espléndidas. La flor de todos los muertos o de Todos los Santos, *Laelia autumnalis*, es utilizada para adornar las iglesias durante la misma temporada, sobre todo en Michoacán, Morelos y la zona de Ocuilan y Amecameca, en el Estado de México, de igual forma se utiliza en Metztitlán la monjita, *Laelia gouldiana*, que anteriormente llamaban "sanctorum", en referencia a su uso.

Con la flor de mayo de Corpus, *Laelia speciosa*, se hacen guirnaldas para decorar las yuntas el 15 de mayo durante la fiesta de San Isidro Labrador, patrono de los agricultores, festividad con la que se celebra en México la llegada de las lluvias. *Laelia speciosa* se vende en grandes cantidades en las calles del centro del país durante mayo y muchos corsages y arreglos del día de las madres se confeccionan con flores de esta especie (Hágsater *et al.*, 2005).

En Oaxaca, la flor de tatanache (*Laelia albida*), la huichila o lirio de San Francisco (*L. fufurace*), *Rhynchoatele cervantesii* subsp. *membranacea* y la ita sama cuim (*Artorima erubescens*) son un adorno común en las tumbas, altares, y también en los nacimientos de la época navideña. Por otra parte, *Laelia eyermaniana* se emplea en los pueblos serranos de Durango para la fiesta de san Miguel, el 29 de Septiembre, de donde proviene su nombre vernáculo (flor de san Miguel). En Chiapas *Laelia superbiens* y *Guarianche skinneri* son las flores utilizadas para las

celebraciones de la Candelaria el 2 de febrero y también para la de san Sebastián (Hágsater *et al.*, 2005).

El género *Laelia* se encuentra entre uno de los mas atractivos y sobresalientes de la flora de nuestro país, por poseer especies endémicas, pero algunas son hoy en día una rareza en México y en el mundo, por lo que se encuentran protegidas por la NOM-ECOL-059 pues algunas especies se encuentran en peligro de extinción ya que en la actualidad cuenta con escasas poblaciones debido a la colecta y saqueo inmoderado que han sufrido.

La distribución de especies que se atribuyen al género *Laelia* varia de 35 a 75, su rango se extiende de México y Centro América a Brasil y Argentina (Sheehan y Sheehan, 1994). Son plantas epífitas o litófitas, los pseudobulbos varían considerablemente, algunas poseen pseudobulbos cortos y agrupados (notablemente de las especies mexicanas y guatemaltecas), mientras que otras tiene largos pseudobulbos alongados, muy parecidos a una *Cattleya* robusta, con una o varias hojas. Inflorescencia terminal, un racimo simple, en ocasiones con sólo una o dos flores al final de un largo escapo, la inflorescencia de varias *Laelia* alcanzan tamaños que exceden a los 180 cm, mientras que otras tienen botones florales solitarios, con pedúnculos muy cortos, floralmente, el género es extremadamente diverso. Las flores están casi siempre comprimidas, aplanadas o en forma de terete, de buen tamaño y gran vistosidad, alguna de las especies brasileñas más pequeñas (*Laelia cinnabarina*, *Laelia flava*, etc.), producen flores que parecieran pertenecer a otra subtribu, tanto por su tamaño, como por su brillo y coloración. Sépalos: casi iguales, libres, abiertos, aplanados u ondulados. Pétalos: similares a los sépalos, en ocasiones más anchos. Labelo; está libre o ligeramente adnato a la columna o mas o menos explanados; no hay callo o éste es más o menos lamelado. Fruto una cápsula (Martínez *et al.*, 2002).

2.3. Descripción Botánica de *Laelia anceps*

Las plantas del género *Laelia* son epífita con habito de crecimiento simpodial; sus raíces son simples, carnosas, y circulares, la porción apical que está en crecimiento es de color verde y el velamen de color blanco y esponjoso.

Los pseudobulbos de *Laelia anceps* son de tipo claviforme, semicilíndricos (ovoide), ligeramente aplanados, lanceolados, verde glaseado, de 3 cm de espesor o diámetro y de 10 cm de longitud (Wiard, 1987; Stewart y Griffiths, 1995).

Las hojas de *Laelia anceps* son espesas, coriáceas y enteras, de 5 cm de ancho y 25 cm de largo (Pridgeon, 1995; Sheehan y Sheehan, 1994).

Estas especies tienen una amplia gama de color en sus flores, sus racimos pueden ser erectos ó pedúnculados. La inflorescencia es en racimo y puede tener una longitud de 30 cm y llevar unas ocho flores, las cuales son de color rosa ó púrpura, con un labelo púrpura que varía a blanco en la proximidad de la columna. Para el caso de *Laelia anceps* las flores miden de 8 a 10 cm de diámetro, escapo floral terminal con un racimo de 2 a 4 flores aromáticas, su color es variado y va de rosa intenso al blanco y cuenta con 26 variedades naturales (Halbinger, 1993; Wiard, 1987). El labio de las especies de *Laelia* exhibe un color más oscuro que el de los otros segmentos florales con el centro de color amarillo y líneas púrpuras, con un diámetro de 8 a 10 cm. La época de floración es durante los meses de septiembre a febrero.

Su hábitat es variado, crece en los climas frescos y calientes y lugares sombríos o abiertos. Por ejemplo, las plantas pueden encontrarse en los cafetales de 1000-1500 metros de altitud y en las pasturas. En México *Laelia anceps* se encuentra reportada en los Estados de Guanajuato, Michoacán, Morelos, Oaxaca, San Luís Potosí y Veracruz (Wiard, 1987).

2.4. Clasificación Taxonómica de *Laelia anceps*

El género *Laelia* ha sido nombrado por "Laelia", una de las vírgenes vestales, o por el nombre romano de "Laelius", perteneciente a una antigua familia romana. Se introdujo en Inglaterra a principios de 1800 y fue descrita por John Lindley en 1831 con base en ejemplares que fueron importados a Inglaterra por la firma Loddiges & Sonds. Muy pronto esta especie adquirió notoriedad por las variaciones de forma y colorido que fueron encontradas en cada nueva importación. Llegó a tal grado su popularidad que fue comparada con la de otra especie muy apreciada en Brasil, *Laelia purpurata* (Halbinger, 1993; Stewart y Griffiths, 1995; Sheehan y Sheehan, 1994).

Según Sheehan y Sheehan (1979,1994), Dressler (1993) y Stewart y Griffiths (1995) la clasificación del género *Laelia* para la determinación de la especie *anceps* es la siguiente:

Reino	Plantae
División	Spermatophyta
Subdivisión	Angiospermae
Clase	Monocotyledoneae
Orden	Microspermae
Familia	Orchidaceae
Subfamilia	Orchidoideae (Neottioideae)
Tribu	Epidendreae
Subtribu	Laeliinae
Género	<i>Laelia</i>
Especie	<i>anceps</i> Lindl
	Subs. <i>anceps</i>
	Subs. <i>dawsonii</i>
	Subs. <i>dawsonii chilapensis</i>

2.5. Requerimientos Ambientales

Altitud: Son varias las especies de *Laelia* que son cultivadas cerca de los 2000 msnm. Estas especies toleran heladas cortas al amanecer y por esta razón se adaptan fácilmente a cultivos al aire libre en la ciudad de México y en las alturas

cercanas a la meseta de México. Se tienen registros de que este tipo de planta también es cultivada en patios de California o al aire libre y pueden tolerar otras temperaturas, como áreas subtropicales con climas frescos (Halbinger y Soto, 1997).

Luz: *Laelia* necesita luz directa, pero no más de ocho horas y protegiéndolas al medio día, se desarrolla en intensidades de luz de 2400 a 3600 pies candela (Freuler, 2006; Pinske, 2004)

Temperatura: American Orchid Society, determinó que la temperatura está obviamente relacionada con el régimen de luz bajo el cual se cultivan las plantas. Las *Laelia* requieren temperaturas diurnas de 13 °C a 32 °C y temperaturas nocturnas de 10 °C a 21 °C, dependiendo de las necesidades particulares del cultivo, pero crecen mejor si la temperatura fluctúa entre 18 °C y 24 °C y la nocturna se mantiene entre 13°C y 16°C (American Orchid Society, 1998, Sheeham y Sheeham, 1979)

Humedad: *Laelia* requiere de una humedad relativa de 40 a 70 % durante el día, además el aire debe moverse siempre alrededor de las plantas para prevenir enfermedades, especialmente si existe la humedad alta y/o las temperaturas frescas (American Orchid Society, 1998, Freuler, 2006; Sheehan y Sheeham, 1979).

Riego: El riego es primordial en el desarrollo de *Laelia* como en el de todas las plantas. El éxito o fracaso en el cultivo de las orquídeas depende en gran medida del momento óptimo para la aplicación del agua y de la cantidad que se suministra en cada riego. Este factor resulta difícil de generalizar para todas las especies. Tanto *Laelia* como *Cattleya* están muy relacionadas por lo que se tomará como referencia esta última, para la cual se recomienda regar con agua a un pH de 4 a 9. La cantidad de sales solubles en el agua recomendada es de 125 ppm, aunque

la que contiene de 125 a 500 también es aceptable (Freuler, 2006; Sheehan y Sheehan, 1994).

2.6. Fertilización

Las fuentes de nutrientes son muchas, pero frecuentemente están pobremente documentados en el caso de las orquídeas. La atmósfera es una excelente fuente de nitratos especialmente durante las tormentas eléctricas. El agua corre por encima de la superficie de las hojas lixivia minerales y nutrientes orgánicos de las hojas. De esta manera el dosel de las hojas de los árboles hospederos se convierte en una fuente de nutrientes que enriquecen el agua una vez que esta llega hasta las plantas de orquídeas (Poole y Sheehan, 1982).

Sin embargo, la principal fuente de nutrimentos para las orquídeas es probablemente la lenta descomposición de la materia orgánica (proveniente de la flora y fauna) que se acumula en las ramas de los árboles y entre la corteza, raíces, rizomas y hojas de las plantas (Tyson, 1995).

Entre los problemas más frecuentes e importantes del cultivo de orquídeas en invernadero destacan en primer término los aspectos nutrimentales, debido al desconocimiento del uso y suministro eficiente de los fertilizantes para acelerar el crecimiento vegetativo de las plántulas, aumentar la floración temprana y prolongar la vida postcosecha. En segundo término está el tipo de sustrato, ya que el crecimiento óptimo y la floración abundante depende en gran medida de los materiales utilizados (Smith, 1988).

A pesar de la oleada en la producción de orquídeas en maceta durante la última década, la investigación en los Estados Unidos para desarrollar la información detallada para la producción masiva de orquídeas en maceta se ha limitado. Mientras que la información sobre medios y fertilidad de la orquídea sugiere que muchos materiales sean útiles para crecer orquídeas, la mayoría de este

conocimiento se basa en experiencia personal y no en estudios científicos. Los investigadores han sugerido la necesidad de estudiar estos métodos (Poole y Sheehan, 1977; Sheehan, 1960).

2.7. Nutrición mineral

Un nutrimento en la planta es un elemento químico que es esencial para el desarrollo y reproducción de esta. El término nutrimento significa esencialidad. Comúnmente para que un elemento se considere esencial debe adecuarse a ciertos criterios. El principal criterio es que el elemento debe ser requerido por la planta para completar su ciclo de vida. El segundo criterio es que otro elemento no sustituya completamente al elemento que es considerado como esencial. El tercer criterio es que todas las plantas requieren los elementos esenciales, pues ejercen funciones específicas en la vida de la planta (Barker y Pildeam, 2006)

La deficiencia de un elemento esencial para las plantas ocasiona la reducción del crecimiento y afecta negativamente el rendimiento de los cultivos. Para diagnosticar y confirmar anomalías nutrimentales que se puedan presentar y reflejar en el rendimiento y la calidad de las plantas, se realizan diversas técnicas como son: el diagnóstico visual, análisis químico de tejido vegetal, diagnóstico de la fertilidad de los suelos y los bioensayos (Sánchez-García y Matinez-Bonilla, 1999).

Para los géneros de *Cattleya*, *Epidendrum* y *Laelia* se recomienda fertilizar a base de nitrógeno, fósforo y potasio 20-10-10, 20-20-20 para inducir la formación de yemas florales, y para la floración usar 10-30-20. El tratamiento 30-10-10 es alto en nitrógeno ideal para plantas que crecen en sustrato de corteza (Sessler, 1978).

Manrique (1993) encontró que las orquídeas necesitan pequeñas cantidades de fertilizantes ya que tienen un crecimiento lento, menciona que para *Cymbidium* y *Phalaenopsis* las aplicaciones de 100, 50 y 25 mg·kg⁻¹ de N, K y Mg,

respectivamente, son óptimas; para *Cattleya* se obtiene un crecimiento óptimo con 50 mg kg⁻¹ de N, P y K respectivamente. Salinger (1991) menciona que se pueden utilizar fertilizantes de lenta liberación para *Cymbidium*, como el osmocote que pueden ser de corto plazo (1 a 4 meses) que aporta 70-31-58 g·m⁻³ de N, P y K respectivamente o de largo plazo (cada ocho meses) aportando 360-52-200 g·m⁻³ de N-P-K. También se pueden incorporar en riegos diarios en forma líquida de 120 a 150 ppm de N, 30 ppm de P y 75 ppm de K.

Wang y Gregg (1994) realizaron investigaciones en *Phalaenopsis* sobre la interacción de fertilizantes, donde se utilizó 20-8.6-16 de N-P-K durante dos ciclos de floración, en tres niveles (0.25, 0.5 y 1.0 g L⁻¹). Los fertilizantes se aplicaron en forma soluble en el agua de riego. Las plantas presentaron diferencias significativas en emergencia de inflorescencias, días a floración, día de la emergencia y la floración de *Phalaenopsis*, siendo los mejores niveles; 0.25 y 0.50 g L⁻¹.

En otro estudio fue divulgado que *Phalaenopsis* y *Dendrobium* plantadas en maceta con corteza grande de abeto al 100% no crecieron bien y produjeron pocas flores, en comparación con aquellas plantadas en una mezcla de corteza, con mas materiales que retiene agua tales como turba y vermiculita (Wang, 1996).

De manera general se aceptaba que las orquídeas son plantas que no responden a la fertilización constante, o bien responden lentamente a esta práctica. Sin embargo, algunos estudios como se mencionó anteriormente han demostrado que las orquídeas reaccionan muy bien a la fertilización con solución nutritiva, acelerando el crecimiento de algunas como es el caso de *Phalaenopsis*, *Dendrobium*, *Cymbidium* y el híbrido *Laeliocattleya*, en función del sustrato utilizado.

Se han realizado algunos análisis foliares para determinar los niveles nutrimentales en orquídeas como son los siguientes:

Cuadro 1. Concentración de nutrimentos en *Cymbidium*.

Elemento	%	Elemento	ppm
Nitrógeno	1.3-2.1	Fierro	41-120
Fósforo	0.15-0.24	Boro	20-120
Calcio	1.25-2.5	Cobre	4-15
Magnesio	0.12-0.22	Zinc	18-22
Sodio	0-0.4	Manganeso	21-300
Azufre	0.12-0.27	Molibdeno	0.02-0.10

Fuente: (Salinger, 1991).

Jones *et al.* (1991) indica las siguientes concentraciones nutrimentales en *Cymbidium*, *Phalaenopsis* y *Cattleya* sp. (Cuadros 2, 3 y 4, respectivamente).

Cuadro 2. Concentración de nutrimentos en *Cymbidium*.

Nutrimento	Nivel de concentración		
%	Bajos	Suficientes	Altos
N (%)	1.20-1.49	1.50-2.50	>2.50
P (%)	0.10-0.12	0.13-0.75	>0.75
K (%)	1.50-1.99	2.00-3.50	>3.50
Ca (%)	0.35-0.49	0.50-2.00	>2.00
Mg (%)	0.20-0.29	0.30-0.70	>0.70
S (%)	0.12-0.14	0.15-0.75	>0.75
B (mg kg ⁻¹)	20-24	25-75	>75
Cu (mg kg ⁻¹)	2-4	5-20	>20
Fe (mg kg ⁻¹)	40-49	50-200	>200
Mn (mg kg ⁻¹)	30-39	40-200	>200
Zn (mg kg ⁻¹)	20-24	25-200	>200

Fuente: (Jones *et al.*, 1991).Cuadro 3. Concentración de nutrimentos en *Phalaenopsis*

Nutrimento	Nivel de concentración		
%	Bajos	Suficientes	Altos
N	1.50-1.99	2.0-3.5	>3.5
P	0.15-0.19	0.2-0.7	>0.7
K	3.00-3.99	4.0-6.0	6.0
Ca	1.00-1.49	1.5-2.5	>2.5
Mg	0.30-0.39	0.4-1.0	>1.0
S	0.15-0.19	0.2-0.7	0.7
Cu (mg kg ⁻¹)	2-4	5-20	>20
Zn (mg kg ⁻¹)	15-19	20-200	>200
Mn (mg kg ⁻¹)	60-90	100-200	>200
Fe (mg kg ⁻¹)	50-74	75-200	>200
B (mg kg ⁻¹)	0-24	25-75	>75

Fuente: (Jones *et al.*, 1991).

Cuadro 4. Concentración de nutrimentos en *Cattleya* sp.

Nutrimento	Nivel de concentración		
	Bajos	Suficientes	Altos
%			
N	1.20-1.49	1.50-2.50	>2.50
P	0.10-0.12	0.13-0.75	>0.75
K	1.50-1.99	2.00-3.50	>3.50
Ca	0.35-0.49	0.50-2.00	>2.00
Mg	0.20-0.29	0.30-0.70	>0.80
S	0.12-0.14	0.15-0.75	>0.75
B (mg kg ⁻¹)	20-24	25-75	>75
Cu (mg kg ⁻¹)	2-4	5-20	>20
Fe (mg kg ⁻¹)	40-49	50-200	>200
Mn (mg kg ⁻¹)	30-39	40-200	>200
Zn (mg kg ⁻¹)	20-24	25-200	>200

Fuente: (Jones *et al.*, 1991).

En otro estudio realizado en *Laelia speciosa* se reportan las siguientes concentraciones nutrimentales (Velásquez, 2001) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Acumulación de nutrimentos en diferentes órganos de plantas de *Laelia speciosa*.

Nutrimento	Nivel de concentración		
	Hoja	Raíz	Pseudobulbo
%			
N	1.28	1.28	1.0
P	0.07	0.07	0.90
K	1.967	0.60	0.93
Ca	1.957	0.42	0.55
Mg	0.480	0.29	0.25
Fe (mg. kg ⁻¹)	178.3	1275.0	168.67
Zn (mg. kg ⁻¹)	13.86	30.6	14.1
Mn (mg. kg ⁻¹)	60.67	61.13	18.57
B (mg. kg ⁻¹)	0.110	0.140	0.077

Fuente: (Velásquez, 2001).

2.8. Sustratos

Los materiales de siembra de las orquídeas epífitas resulta uno de los aspectos más interesantes, pues varios son los que se utilizan para este fin, aunque el más común es la *Osmunda* (comúnmente denominada musgo de orquídeas) y que esta constituido por raíces de *Osmunda regalis* (helecho real) y *Polipodium* (Monk, 1995). Sin embargo, como ya se mencionó, la mayoría de estos conocimientos se

basan en experiencia personal y no de estudios científicos por lo que este tema también tiene la necesidad de ser estudiado.

Entender las propiedades de los materiales de siembra permite seleccionar el mejor medio por lo que debe contemplar lo siguiente: que proporcione un buen soporte a la planta, mantener la humedad, y aireación. Los sustratos para orquídeas recomendados que contienen estas características son los siguientes: sphagnum moss, árbol de helecho, fibra de osmunda, tozos y fibras de coco, lava de roca, carbón vegetal, corcho, peat moss, lana de roca. Por ejemplo en Hawai se conoce del uso de la cáscara de nuez de macadamia, otro ejemplo es en British Columbia donde utilizan perlita, en Francia un cultivador utiliza cáscara de maní y en Tailandia se utiliza las medias cáscaras de coco inmaduro, etc. Hoy en los Estados Unidos el material de siembra más utilizado para orquídeas es la corteza de abeto y el sphagnum moss (Anónimo, 2002b).

También se utilizan mezclas para materiales de siembra de orquídeas, las siguientes mezclas (Anónimo, 2002b).

Mezcla A- Sphagnum moss; Premio de alta calidad, sphagnum moss natural o puro es bastante fibroso, se puede usar esa mezcla para varios años.

Mezcla B- Mezclas semi-terrestres: La mezcla consiste de: cuatro partes de fina corteza, una parte de perlita expandida, una parte de trozos de shagnum moss, y una parte de fino árbol de helecho. Una variación de esta mezcla sería incluir una parte de lana de roca o un material similar. Se reporta dos años con esta mezcla.

Mezcla C- Mezcla de corteza fina: La mezcla consiste de: cuatro partes de corteza fina y una de perlita expandida, reporta utilizar cada dos años con esta mezcla.

Mezcla E- Medium árbol de helecho: Este consiste de 100 % de médium de árbol de helecho, y reportado utilizar de dos a tres años con esta mezcla.

Mezcla F- Cáscara de coco: Consiste en 100 % de cáscara de coco, suavizar el material antes porque es denso, ya que reduce la circulación del aire y podría retener agua mucho tiempo. Reportan utilizar cada tres a cinco años con esta mezcla. El uso de estas mezclas se usa principalmente para *Vandas* y *Stanhopeas* en maceta.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación del Área Experimental

La presente investigación se realizó en un invernadero con cubierta de cristal del Instituto de Horticultura de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. La fase de invernadero se inició en mayo de 2006, concluyéndose en diciembre de 2006.

3.2. Obtención del Material Vegetal

En el presente trabajo se utilizaron plantas de orquídeas de *Laelia anceps*, las cuales se adquirieron en los invernaderos "Orquídeas Río Verde", en Valle de Bravo, Estado de México. Las plantas presentaban una altura aproximada de 9 a 11 cm, de cuatro a seis pseudobulbos y de cuatro a seis hojas, con una edad de año y medio al momento de ser trasplantadas.

3.3. Sustratos y Mezclas

Los tres tipos de sustratos evaluados para observar la influencia de éstos en el crecimiento y desarrollo de plantas de orquídeas fueron: carbón vegetal (tamaño de partícula de 1 a 2 cm), tezontle (tamaño de 1 a 2 cm) y turba, la selección de estos sustratos fue en base a lo accesible del material, su precio bajo; además de ser recomendado para el cultivo de las orquídeas. Con estos componentes se elaboraron diez mezclas distintas, producto de la combinación de dos o más de estos; el pH de cada mezcla se ajustó a valores de pH de entre 6.3 y 6.6 con cal dolomítica y azufre agrícola (Cuadro 6). A los componentes principales de las mezclas se les realizó un análisis de las propiedades físicas (Cuadro 7) en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Autónoma Chapingo.

Cuadro 6. Mezclas de sustratos evaluados en el desarrollo de plantas de *Laelia anceps*; cada cifra corresponde a la proporción con base en volumen de cada componente en la mezcla.

Sustratos	Carbón	Tezontle	Peat moss
1	1.00	0.00	0.00
2	0.00	1.00	0.00
3	0.00	0.00	1.00
4	0.50	0.50	0.00
5	0.50	0.00	0.50
6	0.00	0.50	0.50
7	0.67	0.17	0.17
8	0.17	0.67	0.17
9	0.17	0.17	0.67
10	0.42	0.42	0.17
11	0.42	0.17	0.42
12	0.17	0.42	0.42
13	0.33	0.33	0.33

Cuadro 7. Características físicas de los componentes principales de las mezclas de sustratos utilizadas para el cultivo de *Laelia anceps*.

Características	Carbón	Tezontle	Turba
Espacio de sólido (ET) %	31.5	31.1	22.3
Espacio poroso total (EPT) %	68.5	68.9	77.7
Capacidad de retención de humedad %	21.65	20.1	70.0
Capacidad de aireación %	46.85	48.8	7.9
Densidad aparente (Dap) g·cm ⁻³	0.354	0.96	0.148
Densidad real g·cm ⁻³	1.12	3.08	0.73
CE dS·m ⁻¹	1.59	0.27	0.56
CIC Cmol(+)/kg	12.9	4.9	51.3

3.4. Soluciones nutritivas

Las solución nutritiva utilizada para la fertilización de las orquídeas se basó en la solución de Hoagland (1950) con modificaciones en la relación nitrato:amonio de 80:20 (Cuadro 8). Todas las soluciones se ajustaron a un pH de 6.0 con hidróxido de sodio y ácido sulfúrico. Los tratamientos consistieron en tres niveles de concentración de la solución nutritiva: 66, 100 y 133 %.

Cuadro 8. Concentraciones de soluciones nutritivas basadas en la solución de Hoagland, utilizadas en el cultivo de plantas de *Laelia anceps*, en invernadero.

Elemento	Hoagland		
	66 %	100 % ppm	133 %
N	138.00	210	279.30
NO ₃	110.88	168	223.44
NH ₄	27.72	42	55.86
Ca	105.6	160	212.80
K	155.1	235	312.55
P	20.46	31	41.23
Mg	32.34	49	65.17
S	42.24	64	85.12
Fe	3.3	5	6.65

Para preparar las soluciones nutritivas se empleó agua potable a la cual se le realizó un análisis químico (Cuadro 9) para ajustar la concentración de los elementos nutritivos de la solución nutritiva (Cuadro 10).

Cuadro 9. Análisis químico del agua utilizada para preparar la solución nutritiva.

pH	B	Ca	Cu	K	Mg mg·L ⁻¹	Mn	Na	P	Zn	Fe
7.8	0.09	25.89	ND	4.84	21.37	ND	39.15	ND	ND	ND

ND= No detectado

Cuadro 10. Sales utilizadas en la preparación de soluciones nutritivas de Hoagland.

Fuente
Sulfato de potasio (K ₂ SO ₄)
Nitrato de magnesio (Mg(NO ₃) ₂ ·6 H ₂ O)
Nitrato de amonio (NH ₄ NO ₃)
Sulfato de magnesio (MgSO ₄ · 7H ₂ O)
Sulfato de calcio (CaSO ₄)
Fosfato de calcio (Ca (H ₂ PO ₄) ₂ · H ₂ O)
Fosfato de amonio dibásico ((NH ₄) ₂ HPO ₄)
Fosfato de amonio monobásico (NH ₄ H ₂ PO ₄)
Sulfato de amonio ((NH ₄) ₂ SO ₄)

3.5. Diseño de tratamientos

Consistió en un factorial trece por tres, producto de la combinación de las trece mezclas de sustratos con las tres concentraciones de solución nutritiva, lo que generó treinta y nueve tratamientos.

3.6. Diseño experimental y análisis de datos

Sustratos y mezclas elaboradas junto con la concentración de la solución nutritiva fueron analizados según la metodología de los experimentos con mezclas. Esta metodología permite desarrollar un modelo estadístico que es utilizado posteriormente para estimar la mezcla óptima así como el nivel óptimo de concentración de la solución nutritiva, para el cultivo de *Laelia*. La combinación de sustratos y soluciones nutritivas, consideradas como tratamientos, fue distribuida completamente al azar dentro del invernadero. Cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones, considerando una repetición como una planta; la unidad experimental fue una planta.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) y se estimó el modelo que mejor describiera la respuesta de las plantas a los tratamientos, basándose en el valor más alto de R^2 y R^2 ajustada, así también se realizó una comparación de medias ($P < 0.05$), utilizando el modelo estadístico SAS (Statistical Analysis System) para Windows v9.

3.7. Manejo del experimento

Las plantas de orquídeas (de la especie *Laelia anceps*) de aproximadamente año y medio de edad se trasplantaron (una planta por maceta) en macetas de plástico de 6 pulgadas de diámetro. Las plantas se mantuvieron durante ocho meses en invernadero a una temperatura y humedad relativa promedio de 22.5 ± 7.5 °C y 80 ± 20 %, respectivamente. Las plantas se regaron con 250 mL (por maceta) con las

soluciones nutritivas correspondientes. El riego se proporcionó cada semana o, bien, cuando el sustrato iniciaba a mostrar signos de falta de humedad.

El experimento se realizó bajo condiciones controladas, para evitar que se presentaran fuertes cambios de humedad relativa y temperatura dentro del invernadero, para esto se utilizó un sistema de nebulización automatizado en el día, el cual se encendía de las 11:00 am a 3:00 pm cada media hora durante un minuto. Durante los meses más fríos (noviembre-diciembre) se utilizó un sistema de calefacción por la noche, como resultado se mantuvo una temperatura máxima de 30 °C y una mínima de 15 °C dentro del invernadero, mientras que, la humedad relativa osciló entre una máxima de 80 % y una mínima de 55 %. Para la radiación se utilizó malla sombra 60 %.

3.8. Variables estudiadas

3.8.1. Peso fresco

Esta variable se cuantificó al final del experimento, para lo cual se pesó cada uno de los órganos de la planta, cuatro repeticiones por tratamiento, separados en raíces, hojas y pseudobulbos, se utilizó una balanza granataria electrónica de 500 gramos marca Satorius (modelo 1206).

3.8.2. Peso seco

Una vez evaluado el peso fresco, las muestras se lavaron con agua destilada y se colocaron en bolsas de papel perforadas, se secaron en una estufa con aire circulante marca Thelco (modelo GM) a una temperatura de 60 a 65 °C durante cinco días, transcurrido el tiempo se pesaron las muestras por órganos en una balanza granataria electrónica del mismo tipo que la de peso fresco.

3.8.3. Área foliar

Para la evaluación de este parámetro se utilizaron todas las hojas de las plantas, con cuatro repeticiones por tratamiento. Se utilizó un integrador de área foliar marca LI-COR (modelo LI-3100) y se determinó al final de experimento.

3.8.4. Análisis nutricional

Se determinó al final de la investigación en raíces y parte aérea (hojas y pseudobulbos) de *Laelia anceps*. Los elementos que se cuantificaron fueron: N (total), P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe y Zn.

El material previamente lavado y secado como se mencionó anteriormente, fue molido en un molino Willey de acero inoxidable con malla del número 40.

La determinación de N se realizó por el método Kjeldahl, para lo cual se pesaron 0.5 g de peso seco de cada una de las muestras; se sometieron a una digestión húmeda con una mezcla de ácido sulfúrico y ácido perclórico (relación 2:1 v/v); se dejó reposar por medio día a un día, transcurrido éste se agregaron 2 mL de peróxido de hidrógeno al 30 %, para después poner las muestras en una parrilla de calentamiento a una temperatura de 250 °C; una vez lista (transparente) y fría la digestión se filtró y aforó a 50 mL. De esta solución obtenida se tomó una alícuota de 20 mL que se llevaron al destilador micro-kjeldahl y se tituló el destilado con ácido sulfúrico (Alcántar y Sandoval, 1999). Las lecturas de P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe y Zn se realizaron con Espectrofotómetro de Emisión Atómica de Plasma por Inducción Acoplada ICP-AES de Varian. La concentración de los elementos se calculó con base en peso seco.

4. RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1 Comportamiento de las órganos de la planta de *Laelia anceps*

4.1.1 Análisis de Varianza

Los resultados del análisis de varianza de los caracteres evaluados, se presentan en el Cuadro 1A. Con respecto a peso las estructuras de la planta fresca y seca así como área foliar, sólo la concentración de solución nutritiva afectó significativamente estos caracteres. Los coeficientes de variación al ser mayores a 44 %, indican la variabilidad que esta especie mostró a los ocho meses de desarrollo.

Con respecto a los cuadrados medios de macro y micronutrientes en la parte aérea, con excepción de K, B, Fe y Zn, la concentración de la solución nutritiva afectó al resto de los caracteres ($\alpha \leq 0.01$); los sustratos y la interacción concentración-sustratos sólo modificó el comportamiento del N. Los coeficientes de variación en todas las determinaciones mostraron valores altos, mayores de 17 % (Cuadro 1A).

Con respecto a la parte de raíces, el análisis de varianza mostró efecto significativo las concentraciones de la solución nutritiva sobre el contenido de N, K, Mg, B, Fe y Zn; los sustratos también fue significativa en los casos de N, Ca, Cu y Fe, así también la interacción concentración*sustratos presentó significancia para N y Ca. Nuevamente los coeficientes de variación se presentaron altos mayores a 17 % (Cuadro 1A).

La concentración de la solución nutritiva afectó a los caracteres evaluados debido a que los sustratos no presentaron una fuente importante de nutrientes y en algunos casos era nulo el aporte, por lo que la única fuente disponible de nutrimentos fue mediante la solución nutritiva.

4.1.2 Soluciones nutritivas

Con respecto al análisis de comparación de medias para las concentraciones de las soluciones nutritivas (Cuadro 2A) se observa que con 133 % se obtuvo el menor desarrollo de la planta al presentar los valores estadísticos más bajos tanto en peso seco total, peso fresco total y área foliar. Con las concentraciones 66 y 100 % se presentó el mismo comportamiento estadístico, aunque con 66 % el peso seco de raíz, de pseudobulbos y área foliar mostraron el mismo comportamiento estadístico que con 133 %.

En el caso de la concentración foliar de macro y micronutrientes (Cuadro 2A) los tratamientos con la solución al 66 y 133 % presentaron una menor concentración de los elementos de la planta al obtener los valores estadísticos más bajos. Para el caso de macro y micronutrientes en raíces nuevamente se presenta la misma tendencia del caso de concentración foliar, los tratamientos con las soluciones al 66 y 133 % obtuvieron concentraciones bajas al obtener valores estadísticos bajos, sin embargo se encuentran en niveles suficientes.

Poole y Sheehan (1973) realizaron un estudio de análisis químico en diferentes órganos de *Cattleya* recomendando rangos óptimos de concentraciones para hojas, pseudobulbos y raíces, donde haciendo una comparación con los resultados obtenidos en las plantas de *Laelia anceps* (Cuadro 2A) se observa en N y Mg foliar y raíces la concentración que se obtuvo fue alta, sin embargo en un estudio más actualizado, pero solo en análisis de hojas de *Cattleya* (Jones, 1991) se observa que N nuevamente su concentración es alta, aunque Mg foliar se reporta como suficiente al igual que los otros nutrientes, solo Fe foliar con una concentración baja.

4.1.3 Comparación de medias para sustratos

Para sustratos y mezclas en concordancia con el análisis de varianza no se encontraron diferencias estadísticas (peso seco, peso fresco y área foliar) (Cuadro

3A). Esto pudo haberse debido a que el experimento se realizó en un sistema hidropónico donde los sustratos en algunos casos no contribuyen a la nutrición como los sustratos inertes, siendo la solución nutritiva la única forma de asimilación de los nutrimentos.

En relación al contenido foliar de macro y micronutrientes no se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 4A), sólo se presentó un menor valor estadístico para N y Cu. En el Cuadro 5A, las medias en raíces se puede observar que N, Ca y Cu presentaron diferencias significativas, se puede observar que la mezcla en la que presentaron los valores estadísticos más altos fue 50 % tezontle + 50 % turba y el valor menor se presentó con el sustrato turba al 100 % y la mezcla 42 % carbón + 42 % tezontle + 17 % turba.

Poole y Sheehan (1982) en un estudio realizado en híbridos de orquídeas de *Cattleya*, *Cymbidium* y *Phalaenopsis* y desarrolladas en cristal de cuarzo con diferentes dosis de N, K y Mg y de acuerdo al análisis químico reportado para hojas, las concentraciones que se obtuvieron en *Laelia anceps* se reportan como niveles altos en N foliar, P concentraciones altas utilizando sustratos puros y las mezclas que contenían 50 carbón + 50 turba; 0.67 carbón + 0.17 tezontle + 0.17 turba; 0.17 carbón + 0.17 tezontle + 0.67 turba y 0.42 carbón + 0.42 tezontle + 0.17 turba; K concentraciones bajas sin embargo ellos no utilizaron K, para el caso de Ca las concentraciones que se obtuvieron fueron adecuadas en todos los casos y Mg niveles altos, aunque en el estudio de Poole y Sheehan mencionan que los niveles de Mg obtenidos en su estudio se consideran bajos, por lo cual se consideran óptimos de acuerdo con Jones donde presenta concentraciones para estas mismas orquídeas y donde solo N nuevamente es la concentración más alta.

4.1.4 Comparación de medias para la interacción concentración de la solución nutritiva- sustratos

Para la interacción concentración-sustratos, se puede observar que no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos para las variables en peso seco, peso fresco y área foliar (Cuadro 6A).

No se encontraron diferencias estadísticas en la concentración foliar de P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe y Zn (Cuadro 7A). En la comparación de medias de N se presentaron diferencias significativas y se observa que con la solución al 133 % se obtuvo la mayor concentración de este elemento en varias mezclas.

Al realizar el análisis estadístico para los macro y micronutrientes en raíces en la interacción concentración-sustratos (Cuadro 8A) se encontraron diferencias significativas para las concentraciones de N, K, Ca, Mg y Cu con la concentración de la solución al 100 % donde además se presentaron los valores más altos indistintamente de el sustrato o mezcla utilizada; sin embargo, al utilizar la mezcla que contenía 33 % carbón + 33 % tezontle + 33 % turba se obtuvieron valores bajos.

En un estudio realizado en dos especies de orquídeas epifitas nativas de Brasil desarrolladas en diferentes sustratos orgánicos e inorgánicos y mezclas de estos, se demostró que el mejor desarrollo de las plantas fue en raíces de helechos; sin embargo no hubo mucha diferencia en el sustrato que contenía vermiculita para una especie; la otra especie se desarrollo mejor en un sustrato que contenía una mezcla de vermiculita + carbón y vermiculita + cascara de arroz carbonizada, lo que permite reducir el uso de raíces de helechos (Tadeu de Faria, 2001). Sin embargo, aunque el desarrollo de raíces y pseudobulbos es importante, se considera que el sustrato y fertilización óptima debe seleccionarse en función del mejor desarrollo del follaje, ya que este sostiene la producción de flores y del mismo pseudobulbo y raíces.

4.2. Peso fresco de raíces

Basado en los modelos estimados (Cuadro 11), las plantas irrigadas con la solución al 66 % y desarrolladas en 100 % turba como sustrato tuvieron el mayor peso fresco de raíz, seguidas por las plantas desarrolladas en tezontle y finalmente en carbón. De esta forma, el orden de efecto del sustrato fue turba, tezontle y carbón.

La tendencia fue similar en las plantas nutridas con la solución al 100 %, pero el peso fresco de raíz se redujo en 20 % en plantas desarrolladas en turba, mientras que aquellas desarrolladas en tezontle presentaron un 33 % más peso fresco de raíces en comparación con las plantas fertilizadas con la solución al 66 % (Cuadro 11).

Cuando las plantas se fertilizaron con una solución al 133 %, el orden de los sustratos fue similar al mencionado anteriormente, pero el peso fresco de raíz se redujo en un 35, 18 y 49 %, en plantas desarrolladas en sustratos con turba, tezontle y carbón, respectivamente, comparado con plantas fertilizadas con una solución al 66 % (Cuadro 11).

Con los modelos, se estima que el peso fresco de raíz será mayor en plantas fertilizadas con una solución al 66 % y desarrolladas en sustratos que contengan 100 % turba, o 10 % tezontle + 90 % turba (Cuadro 12). Asimismo, las plantas que se estima resultarán con el menor peso fresco de raíz serán las desarrolladas en un sustrato que contenga 100 % carbón y fertilizadas con una solución al 133 % (Cuadro 12).

Cuadro 11. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso fresco raíz en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Concentración (%)	Sustratos		
	Carbón	Tezontle g	Turba
66	5.19	5.51	10.47
100	5.03	7.36	8.31
133	2.67	4.47	6.77

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: $\text{Peso fresco raíz} = \beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 PM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.6875$, $R^2_{\text{ajustada}} = 0.6041$

Cuadro 12. Componentes de los sustratos y la concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso fresco en raíz en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Carbón	Tezontle	Turba	Concentración de la solución óptima	Peso fresco raíz ^z
Máximo				
0.00	0.00	1.00	0.66	10.47
0.00	0.10	0.90	0.66	9.97
0.00	0.00	1.00	1.00	8.31
0.00	0.36	0.64	1.00	7.97
0.00	0.00	1.00	1.33	6.77
Mínimo				
1.00	0.00	0.00	1.33	2.67
0.98	0.02	0.00	1.33	2.71
0.39	0.61	0.00	1.33	3.78
1.00	0.00	0.00	1.00	5.03
1.00	0.00	0.00	0.66	5.19

^z Predicciones

4.2.2. Peso seco de raíz

Similar al peso fresco de las raíces, el peso seco de las mismas fue mayor en plantas fertilizadas con la solución al 66 y 100 % (Cuadro 13), pero al 133 % se observó una reducción, independientemente de la mezcla de sustrato. Cuando la solución nutritiva fue al 100 %, las plantas desarrolladas en 100 % de peat moss y 100 % tezontle tuvieron el mayor peso seco de raíz, seguidas de las plantas desarrolladas en 100 % carbón. De esta forma, en sustratos con un solo componente, el orden fue: turba, tezontle y carbón. La tendencia fue diferente en las plantas fertilizadas con solución nutritiva al 66 %; en carbón y tezontle en

donde se obtuvo el mayor peso seco de raíz, seguido de las plantas en peat moss. El orden del efecto de los sustratos fue: carbón, tezontle y turba.

Para el caso de las plantas que se fertilizaron con la solución nutritiva al 133 %, el mayor peso seco de raíces se presentó en tezontle al 100 %, seguido de carbón y peat moss, siendo el orden del efecto de los sustratos: tezontle, carbón y turba.

Las superficies de respuesta (Figura 1A) diseñadas con los modelos del Cuadro 13 revelan que las plantas desarrolladas en sustratos elaborados con carbón + turba muestran un mayor peso seco de raíces cuando se fertilizaron con la solución Hoagland al 66 %.

De acuerdo a los modelos se estima que el mayor peso seco de raíz se obtiene en plantas fertilizadas con la solución al 66 % y desarrolladas en sustratos que contengan carbón 99 % + 1 % turba, o bien 100 % tezontle o 100 % turba (Cuadro 14). Asimismo, se estima que las plantas que resultaron con el menor peso seco de raíz serán las desarrolladas en sustratos con 1 % carbón + 28 % tezontle + 71 % turba, 1 % carbón + 19 % tezontle + 80 % turba o bien 100% carbón pero fertilizadas con la solución al 133 % (Cuadro 14).

Es importante destacar que las plantas desarrolladas en turba mostraron el mayor peso fresco de raíces independientemente de la solución con la que fueron fertilizadas. Sin embargo, esto no se reflejó en un mayor peso seco de la raíz, ya que incluso este fue comparable al obtenido en plantas desarrolladas en carbón o tezontle, por lo que no existe un efecto claro del sustrato sobre esta variable de crecimiento. Esto puede deberse a la capacidad del peat moss de retener un alto contenido de agua fácilmente disponible para las plantas. Wang (2002) y Halbinger (1997) reportaron que *Laelia* puede estar acumulando agua en el velamen de la raíz, lo cual se traduce en un aumento del peso fresco pero no en la acumulación de materia seca.

Cuadro 13. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso seco raíz en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
	g					
66	2.57	2.48	2.07	-2.98	-0.97	-2.35
100	1.77	2.13	2.14	-0.75	-2.54	-1.17
133	1.09	1.75	1.07	-0.32	1.79	-1.35

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: $\text{Peso seco raíz} = \beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 PM + \beta_4 CT + \beta_5 CPM + \beta_6 TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.8818$, $R^2_{\text{ajustada}} = 0.7861$.

Cuadro 14. Componentes de los sustratos y concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso seco en raíz en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Carbón	Tezontle	Turba	Concentración de la solución óptima	Peso seco raíz z
Máximo				
0.99	0.00	0.01	0.66	2.55
0.00	1.00	0.00	0.66	2.48
0.00	0.00	1.00	1.00	2.14
0.00	1.00	0.00	1.00	2.14
1.00	0.00	0.00	1.00	1.77
Mínimo				
0.01	0.28	0.71	1.33	1.01
0.01	0.19	0.80	1.33	1.01
1.00	0.00	0.00	1.33	1.10
0.57	0.00	0.43	1.00	1.31
0.17	0.40	0.43	0.66	1.64

^z Predicciones

4.2.3. Peso fresco de pseudobulbos

De acuerdo a los modelos, el mayor peso fresco de pseudobulbos se presentó en plantas irrigadas con la soluciones al 66 y 100 % (Cuadro 15), en tanto que aquellas irrigadas con la solución al 133 % mostraron una disminución en el peso fresco. Plantas fertilizadas con la solución al 66 y 100 % y desarrolladas en 100 % peat moss o 100 % carbón tuvieron el mayor peso fresco de pseudobulbos,

seguidas por aquellas desarrolladas en tezontle, por lo que orden del efecto de los sustratos es: turba, carbón y tezontle.

Cuando las plantas se fertilizaron con la solución al 133 %, el peso fresco de pseudobulbos fue reducido en un 27, 8 y 56 %, en plantas desarrolladas en sustratos con turba, tezontle y carbón, respectivamente, comparadas con las fertilizadas con la solución al 100 %.

Con los modelos de predicción (Cuadro 16) se estima que el mayor peso fresco de pseudobulbos será en plantas fertilizadas con la solución al 66 % o al 100 % y desarrolladas en sustratos que tienen un alto contenido de peat moss, o bien una combinación de turba + carbón en proporciones equivalentes. Asimismo, las plantas que se estima resultaran con el menor peso seco de pseudobulbos, serán las desarrolladas en un sustrato 100 % carbón o una proporción de tezontle mayor al 88 % (Cuadro 16).

Cuadro 15. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso fresco pseudobulbos en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

<u>Concentración (%)</u>	<u>Sustratos</u>		
	Carbón	Tezontle	Turba
		g	
66	21.3	14.3	23.7
100	22.1	15.5	22.1
133	9.65	14.3	16.1

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Peso fresco pseudobulbos = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.7009$, $R^2_{ajustada} = 0.6211$

Cuadro 16. Componentes de los sustratos y concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso fresco en pseudobulbos en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Carbón	Tezontle	Turba	Concentración de la solución óptima	Peso fresco pseudobulbos ^z
Máximo				
0.00	0.00	1.00	0.66	23.7
0.00	0.02	0.98	0.66	23.5
0.00	0.00	1.00	1.00	22.2
0.36	0.00	0.64	1.00	22.2
0.48	0.00	0.52	1.00	22.2
Mínimo				
1.00	0.00	0.00	1.33	9.65
0.00	1.00	0.00	0.66	14.4
0.00	1.00	0.00	1.00	15.5
0.00	0.95	0.05	1.00	15.9
0.00	0.88	0.12	1.00	16.3

^z Predicciones

4.2.4. Peso seco de pseudobulbos

De acuerdo a los modelos estimados (Cuadro 17), el peso seco de pseudobulbos fue mayor cuando las soluciones nutritivas tuvieron una concentración del 66 % (Cuadro 17), pero la solución al 133 % causó una disminución en el peso seco, mas marcada cuando el sustrato fue 100 % carbón. Cuando se empleo la solución al 66 %, las plantas desarrolladas en 100 % turba o 100 % carbón tuvieron el mayor peso seco, seguidas por las plantas desarrolladas en tezontle. De esta forma, en sustratos con un solo componente, el orden del efecto sobre el peso seco de pseudobulbos fue turba, carbón y tezontle.

En plantas fertilizadas con la solución al 100 % no hubo un efecto marcado de los sustratos, por lo que el orden fue turba, tezontle y carbón; adicionalmente, las plantas desarrolladas en turba y en carbón como sustratos mostraron una reducción del 15 y 25 %, respectivamente, en el peso seco de pseudobulbos comparado con aquel de plantas fertilizadas con la solución al 66 %.

Cuando las plantas se fertilizaron con la solución al 133 %, el orden del efecto de los sustratos fue: turba, tezontle y carbón, pero el peso fue reducido en 24 % y 44 %, en plantas desarrolladas en peat moss y carbón, respectivamente, comparado con las plantas fertilizadas con una solución al 66 %.

Cuadro 17. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso seco pseudobulbos en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Concentración (%)	Sustratos		
	Carbón	Tezontle	Turba
		g	
66	2.89	2.10	2.93
100	2.16	2.20	2.49
133	1.60	2.02	2.22

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Peso seco pseudobulbos = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.5091$, $R^2_{ajustada} = 0.3782$.

Con los modelos de predicción (Cuadro 18) se estima que el peso seco de pseudobulbos será mayor en plantas desarrolladas en peat moss como sustrato, preferentemente fertilizadas con la solución al 66 %. Las plantas que resultarán con el menor peso seco de pseudobulbos se estima serán las desarrolladas en un sustrato 100 % carbón y fertilizadas con una solución al 133 % (Cuadro 18).

En general, se observa que los pseudobulbos de *Laelia anceps* se desarrollaron mejor cuando las plantas crecieron en un sustrato con un contenido de peat moss cercano al 100 % y cuando se les fertilizó con la solución al 66 %. Los pseudobulbos funcionan como órganos de almacén de agua y sustancias de reserva, como almidón, los cuales son utilizados para sustentar la producción de flores y frutos y el desarrollo de nuevos vástagos (Hágsater, 2005). Es por ello importante destacar que un mayor peso fresco y seco de pseudobulbos observados en el presente experimento, implica que las plantas mantienen la acumulación de agua y producción de carbohidratos en buen nivel, lo cual permitirá soportar la producción de flores. La mayor acumulación de agua en los pseudobulbos, y de las raíces como anteriormente se mencionó, puede explicarse

con base a la alta capacidad de retención de agua por parte del peat moss, la cual esta fácilmente disponible para planta.

Cuadro 18. Componentes de los sustrato y concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso seco de pseudobulbos en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Carbón	Tezontle	Turba	Concentración de la solución óptima	Peso seco pseudobulbos ^z
Máximo				
0.00	0.00	1.00	0.66	2.93
0.00	0.00	1.00	1.00	2.49
0.00	0.00	1.00	1.33	2.22
Mínimo				
1.00	0.00	0.00	1.33	1.60
0.00	1.00	0.00	0.66	2.10
1.00	0.00	0.00	1.00	2.16
0.69	0.31	0.00	1.00	2.17
0.66	0.34	0.00	1.00	2.18

^z Predicciones

4.2.5. Peso fresco de hojas

Según los modelos, el mayor peso fresco foliar se presentó en plantas fertilizadas con la solución al 66 % (Cuadro 19), las plantas fertilizadas con la solución al 133 % mostraron una reducción. Las plantas fertilizadas con la solución al 66 % y desarrolladas en un sustrato a base de 100 % tezontle o 100 % carbón mostraron el mayor peso fresco foliar, seguidas por las plantas desarrolladas en turba. De esta forma, el orden del efecto de los sustratos fue: tezontle, carbón y turba.

En las plantas fertilizadas con la solución al 100 % el orden fue diferente: tezontle, turba y carbón; sin embargo, el peso fresco fue 24 % y 35 % menor comparado con las fertilizadas con una concentración al 66 % y desarrolladas en tezontle y carbón, respectivamente (Cuadro 19). Cuando las plantas se fertilizaron con la solución al 133 %, el orden del efecto de los sustratos fue: turba, tezontle y carbón, aunque el peso fresco foliar se redujo en un 38, 54 y 68 %, en comparación con plantas fertilizadas con una solución al 66 % (Cuadro 19).

Con los modelos (Cuadro 20), se estima que el peso fresco foliar será mayor en plantas fertilizadas con la solución al 66 % y desarrolladas en sustratos que contengan 100 % carbón. Asimismo, las plantas que se estima resultarán con el menor peso fresco foliar serán las desarrolladas en un sustrato con 100 % carbón y fertilizadas con la solución al 133 % (Cuadro 20).

Cuadro 19. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso fresco foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
	g					
66	16.9	17.9	13.9	-23.9	-2.27	-17.6
100	10.9	13.6	13.3	-1.04	-0.63	-17.7
133	5.36	8.25	8.59	4.87	10.8	2.12

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: $\text{Peso fresco foliar} = \beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 \text{PM} + \beta_4 \text{CT} + \beta_5 \text{CPM} + \beta_6 \text{TPM}$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.9013$, $R^2_{\text{ajustada}} = 0.8214$.

Cuadro 20. Componentes de los sustratos y concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso fresco foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Carbón	Tezontle	Turba	Concentración de la solución óptima	Peso fresco foliar ^z
Máximo				
1.00	0.00	0.00	0.66	16.9
0.00	1.00	0.00	1.00	13.6
0.00	0.00	1.00	1.00	13.3
0.11	0.89	0.00	1.00	13.2
0.35	0.00	0.65	1.33	9.92
Mínimo				
1.00	0.00	0.00	1.33	5.37
0.00	0.49	0.51	1.00	9.02
1.00	0.00	0.00	1.00	10.9
0.22	0.41	0.37	0.66	11.2

^z Predicciones

4.2.6. Peso seco de hojas

De acuerdo a los modelos estimados (Cuadro 21), el peso seco foliar fue mayor cuando las soluciones nutritivas tuvieron una concentración del 100 y 66 % de la solución, la solución al 133 % causó una reducción en esta variable.

Cuando se fertilizaron las plantas con la solución al 100 % y se desarrollaron en 100 % tezontle o 100 % carbón, estas tuvieron el mayor peso seco foliar, seguida por las plantas desarrolladas en turba. De esta forma, en sustratos con un solo componente, el orden del efecto sobre el peso seco foliar fue: tezontle, carbón y turba.

El orden del efecto de los sustratos sobre el peso seco fue: tezontle, turba y carbón cuando la solución nutritiva usada fue al 66 %, sin embargo, el peso seco foliar fue reducido en un 20 % y 31 % en plantas desarrolladas en tezontle y carbón, respectivamente, comparado con plantas fertilizadas con la solución al 100 %.

Cuadro 21. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso seco foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
	g					
66	1.84	2.26	2.18	-0.32	-0.38	-2.27
100	2.66	2.82	2.39	2.39	0.46	-3.01
133	1.01	1.52	1.42	0.23	2.12	0.02

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: $\text{Peso seco foliar} = \beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 PM + \beta_4 CT + \beta_5 CPM + \beta_6 TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.8739$, $R^2_{\text{ajustada}} = 0.7718$.

La superficie de respuesta (Figura 2A) revela que el peso seco foliar fue mayor cuando las plantas se fertilizaron con la solución al 100 %, con sustratos conteniendo exclusivamente carbón o turba, o bien una mezcla de ellos. Esto es corroborado utilizando los modelos de predicción para estimar el mayor peso seco

foliar, el cual se obtendrá cuando las plantas se fertilizan con una solución al 100 % y desarrolladas en sustratos que contengan 100 % tezontle, 80 % carbón + 20 % turba, o 41 % carbón + 59 % turba (Cuadro 22). Asimismo, las plantas que se estima resultaran con el menor peso seco foliar serán las desarrolladas en un sustrato 100 % carbón y fertilizadas con la solución al 133 %, o bien una mezcla de tezontle + turba con la solución al 66 % (Cuadro 22).

A diferencia de los pseudobulbos y raíces, el mayor peso fresco y seco de las hojas no se presentó en plantas desarrolladas en turba como componente principal. En general, se observó que las hojas acumularon mayor peso fresco en plantas desarrolladas en tezontle o carbón y fertilizadas con la solución al 100 %, en tanto que la mayor acumulación de materia seca se presentó en plantas desarrolladas en diferentes mezclas de sustratos que tuvieron en común haber sido fertilizadas con la solución al 100 %. Esto puede deberse a que la principal función de las hojas no es el acumular agua como lo es para la raíz y el pseudobulbo, sino más bien el producir los azúcares requeridos para el crecimiento de la planta. En este sentido, desde el punto de vista hortícola, es necesario destacar que el crecimiento de las hojas es más importante que el crecimiento de raíces y pseudobulbos, ya que éstas representan el órgano productor de carbohidratos requeridos para soportar tanto a las raíces como al pseudobulbo, además de la producción de flores. Se podría argumentar que las raíces y el pseudobulbo son también órganos importantes para las orquídeas, ya que en ellos se puede acumular agua que puede utilizarse en momentos de estrés; sin embargo, en un ambiente de producción controlado, difícilmente los productores permitirán que sus plantas lleguen a sufrir algún estrés hídrico dada la intensiva supervisión durante el cultivo de las orquídeas. Es por ello que se considera que el uso de los sustratos y fertilización debe estar orientado a favorecer el crecimiento de las hojas. Por lo tanto, basado en las estimaciones de los modelos obtenidos, los mejores sustratos fueron aquellos a base de 100 % tezontle, o bien una mezcla de carbón + turba al 80 % + 20 % ó 41 % + 59 %, y fertilizar las plantas con la concentración al 100 %.

Cuadro 22. Componentes de los sustratos y concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso seco foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Carbón	Tezontle	Turba	Concentración de la solución óptima	Peso seco foliar ^z
Máximo				
0.00	1.00	0.00	1.00	2.82
0.80	0.00	0.20	1.00	2.68
0.41	0.00	0.59	1.00	2.61
0.00	1.00	0.00	0.66	2.26
0.00	0.00	1.00	0.66	2.18
Mínimo				
1.00	0.00	0.00	1.33	1.02
0.00	0.48	0.52	0.66	1.65
0.00	0.46	0.54	0.66	1.65
0.00	0.52	0.48	0.66	1.66
0.00	0.44	0.56	0.66	1.66

^z Predicciones

4.2.7. Peso fresco total

Según los modelos estimados, el peso fresco total de las plantas fue mayor cuando las soluciones nutritivas tuvieron una concentración del 66 % y 100 % (Cuadro 23), la solución al 133 % causó una reducción en esta variable.

Con la solución al 66 % las plantas desarrolladas en 100 % turba como sustrato, tuvieron el mayor peso fresco total, seguida por las plantas desarrolladas en carbón y finalmente en tezontle. De esta forma, en sustratos con un solo componente, el orden del efecto sobre el peso fresco total fue: turba, carbón y tezontle. La tendencia fue similar en las plantas fertilizadas con la solución al 100 %, y el peso fresco total fue también muy similar entre ambas concentraciones de la solución de Hoagland. Cuando las plantas se fertilizaron con la solución al 133 %, el orden del efecto de los sustratos fue: turba, tezontle y carbón, pero en este caso el peso fresco total fue reducido en un 29 % y 56 % para plantas desarrolladas en peat moss y carbón, comparado con las plantas fertilizadas con la solución al 66 %.

Cuadro 23. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso fresco total en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos			
	Carbón	Tezontle	Turba	Tezontle – Turba
	g			
66	40.6	35.6	50.5	-34.4
100	38.5	35.6	46.3	-34.4
133	17.9	35.6	35.7	-34.4

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: $\text{Peso fresco total} = \beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 \text{PM} + \beta_4 \text{TPM}$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.7700$, $R^2_{\text{ajustada}} = 0.7181$.

Con los modelos del Cuadro 24, se estima que el mayor peso fresco total será en plantas fertilizadas con la solución al 66 % ó 100 % y desarrolladas en un sustrato que contenga 100 % turba. De igual forma se estima las plantas que resultarán con el menor peso fresco total las que desarrollen en un sustrato de carbón al 100 % y fertilizadas con la solución al 133 %.

Cuadro 24. Componentes de los sustratos y concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso fresco total en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Carbón	Tezontle	Turba	Concentración de la solución óptima	Peso fresco total ^z
Máximo				
0.00	0.00	1.00	0.66	50.5
0.00	0.00	1.00	1.00	46.3
0.42	0.58	0.00	1.00	36.8
0.00	0.00	1.00	1.33	35.7
0.00	1.00	0.00	1.33	35.6
Mínimo				
1.00	0.00	0.00	1.33	17.9
0.00	0.66	0.34	1.00	31.5
0.00	0.72	0.28	0.66	32.8
0.00	0.78	0.22	0.66	32.9
0.00	0.64	0.36	0.66	33.0

^z Predicciones

4.2.8. Peso seco total

De acuerdo a los modelos estimados, el mayor peso seco total fue cuando las soluciones nutritivas tuvieron una concentración de 66 y 100 % (Cuadro 25), la solución al 133 % causó una reducción en esta variable.

Cuando se fertilizaron las plantas con la solución al 66 % y se desarrollaron en 100 % carbón o 100 % turba como sustrato tuvieron el mayor peso seco total, seguidas por las plantas desarrolladas en tezontle. De esta forma, en sustratos con un solo componente, el orden del efecto sobre el peso seco total es: carbón, turba y tezontle. Para las plantas fertilizadas con la solución al 100 % el orden fue: turba, carbón y tezontle.

Para el caso de las plantas fertilizadas con la solución al 133% el orden fue: tezontle, turba y carbón, además de presentarse una reducción del 37 % y 52 % en el peso seco total en plantas desarrolladas en carbón y turba, respectivamente, comparado con plantas fertilizadas con la solución al 66 %.

Cuadro 25. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el peso seco total en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
	g					
66	7.14	6.63	7.08	-2.82	0.10	-4.66
100	6.77	6.63	7.40	-2.82	-3.78	-4.66
133	3.41	6.63	4.49	-2.82	7.55	-4.66

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: $\text{Peso seco total} = \beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 PM + \beta_4 CT + \beta_5 CPM + \beta_6 TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.7792$, $R^2_{\text{ajustada}} = 0.6892$.

Con los modelos de predicción del Cuadro 26, se estima que el mayor peso seco total será en plantas fertilizadas con la solución al 100 y 66 % y desarrolladas en sustratos que contengan 100 % turba y 81 % carbón + 19 % turba, o 100 %

carbón, respectivamente. Así mismo, las plantas que se estima resultarán con el menor peso seco total serán las desarrolladas en un sustrato que contenga 100 % carbón y fertilizadas con la solución al 133 % (Cuadro 26).

Cuadro 26. Componentes de los sustratos y concentración de la solución para obtener el máximo y mínimo peso seco total en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Carbón	Tezontle	Turba	Concentración de la solución óptima	Peso seco total ^z
Máximo				
0.00	0.00	1.00	1.00	7.39
0.81	0.00	0.19	0.66	7.15
1.00	0.00	0.00	1.00	6.77
0.00	1.00	0.00	1.00	6.63
0.00	1.00	0.00	1.33	6.63
Mínimo				
1.00	0.00	0.00	1.33	3.41
0.90	0.10	0.00	1.33	3.48
0.00	0.27	0.73	1.33	4.15
0.27	0.42	0.31	1.00	5.66
0.00	0.55	0.45	0.66	5.68

^z Predicciones

4.2.9. Área foliar

El modelo estimado indica que la mayor área foliar se obtuvo en plantas fertilizadas con la solución al 66 % y al 100 % (Cuadro 27), en tanto que la solución al 133 % disminuyó el área foliar, independientemente de los componentes de la mezcla del sustrato. Las plantas fertilizadas con solución 66 % desarrollaron la mayor área foliar cuando crecieron en tezontle puro, seguidas de turba y finalmente carbón (Cuadro 27). Cuando las plantas se fertilizaron con la solución al 100 % la tendencia fue similar a las plantas fertilizadas con 66 %, pero su área foliar fue un 7, 10 y 16 % menor en plantas desarrolladas en sustratos con tezontle, turba y carbón puros, respectivamente. La tendencia fue diferente en plantas fertilizadas con la solución al 133 % ya que la mayor área foliar se presentó en plantas que crecieron en turba, seguido de tezontle y carbón; el área

foliar se redujo en un 8 %, 43 % y 51 %, comparadas con plantas fertilizadas con una solución al 66 %.

Wang (2002) en un estudio que realizó en un híbrido de *Phalaenopsis* reporta un área foliar total de 287 a 666 cm² en sustratos de corteza y una mezcla de corteza + turba y utilizando diferentes niveles de N-P-K. La mayor área foliar la obtuvo cuando las plantas se fertilizaron con 200 ppm N, 19 ppm Urea, 22 ppm P y 158 ppm de K. Esta fórmula tiene un contenido muy similar a la solución al 66 % utilizada en el presente experimento, pero cabe recordar que *Phalaenopsis* presenta más hojas que *Laelia anceps* y es de un desarrollo mas rápido, por lo cual la comparación debe hacerse con cuidado.

Cuadro 27. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el área foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle cm ²	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
66	123	149	132	-135	28.0	-107
100	104	138	118	-25.4	6.85	-167
133	60.2	84.6	122	79.3	1.16	-44

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: área foliar = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4CT + \beta_5CPM + \beta_6TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.7800$, $R^2_{ajustada} = 0.6018$.

Con los modelos estimados del cuadro 28, se predice que la mayor área foliar se puede observar en plantas fertilizadas con la solución al 66 % ó 100 % y desarrolladas en un sustrato que contenga 100 % tezontle. La menor área foliar se estima que será en aquellas fertilizadas con la solución al 133 % y desarrolladas en carbón puro (Cuadro 28).

Cuadro 28. Componentes de los sustratos y concentración de la solución para obtener máxima y mínima área foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Carbón	Tezontle	Turba	Concentración de la solución óptima	Área foliar cm ² ^z
Máximo				
0.00	1.00	0.00	0.66	149
0.00	1.00	0.00	1.00	138
0.33	0.00	0.67	0.66	136
0.26	0.00	0.74	0.66	135
0.00	0.80	0.20	0.66	129
Mínima				
1.00	0.00	0.00	1.33	60.4
0.00	0.93	0.07	1.33	84.4
0.00	0.97	0.03	1.33	84.4
0.00	0.44	0.56	1.00	86.0
0.60	0.40	0.00	0.66	101

^z Predicciones

En las Figuras 3A y 4A se observa que el crecimiento de las plantas, medido en términos del peso fresco y seco total, es afectado cuando la solución nutritiva tiene la concentración más alta (133 %). Esto se puede deber a que *Laelia* es una orquídea epífita en su hábitat natural, lo cual sugiere que no está adaptada a concentraciones muy altas de sales fertilizantes. Aunque el peso fresco total fue más alto en plantas desarrolladas en sustratos con 100 % turba y fertilizadas con la solución al 66 % (Fig. 3A), la mayor acumulación de materia seca ocurrió en plantas fertilizadas con esa solución nutritiva pero desarrolladas en sustratos a base de carbón o peat moss, o una mezcla de ambos (Fig. 4A). El peso seco de pseudobulbos y el área foliar también se desarrollaron más en plantas crecidas en turba, carbón, o una mezcla de ambos, y fertilizadas con la solución al 66 %. Considerando que las variables relacionadas con peso seco, (con excepción del peso seco foliar) y el área foliar son los indicadores mas importantes del crecimiento de *Laelia*, se concluye que sustratos elaborados con la mezcla de carbón y turba en combinación con una fertilización con base a la solución del 66 % resultan en el óptimo crecimiento de la orquídea en estudio. La combinación de peat moss y carbón puede resultar en una mezcla que brinde las propiedades

óptimas de retención de humedad (turba), espacio poroso (carbón), capacidad de intercambio cationico (turba), eliminación de sustancias tóxicas (carbón), entre otras, las cuales pueden permitir el óptimo desarrollo de una especie epífita como *Laelia anceps*.

4.3. Análisis Nutrimental en diferentes órganos de *Laelia anceps*

4.3.1. Nitrógeno

4.3.1.1. Raíz

La concentración de N según los modelos de estimación fue afectada significativamente por la concentración de la solución nutritiva y por el sustrato (Cuadro 29). La concentración de N en raíces fue más alto cuando las plantas se fertilizaron con la solución al 66 y 100 %, en tanto que las plantas fertilizadas con la solución al 133 % mostraron una reducción en la concentración de este elemento (Cuadro 29).

El orden del efecto de los sustratos en la concentración de N varió en función de la concentración de la solución nutritiva; en plantas fertilizadas con la solución al 66 %, el orden fue: turba, carbón y tezontle, mientras que en plantas fertilizadas con la solución al 100 % y 133 % el orden fue: turba, tezontle y carbón; así como tezontle, carbón y turba, respectivamente. Estas tendencias están relacionadas con el peso seco de la raíz, ya que las plantas que mostraron un mayor peso seco de raíz fueron aquellas en las que la concentración de N fue mayor.

Cuadro 29. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en el nitrógeno (%) en raíces de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
	%					
66	4.70	4.40	5.75	5.57	6.47	0.06
100	4.74	5.73	6.55	-14.69	3.44	0.12
133	2.50	3.57	2.40	-15.33	10.9	0.10

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: nitrógeno total raíces = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4CT + \beta_5CPM + \beta_6TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.9153$, $R^2_{ajustada} = 0.8508$.

4.3.1.2. Foliar

Se ha reportado que la concentración de N para plantas en maceta varía de 2.5 % a 4.2 % (Barker y Pilbeam, 2006); sin embargo, Jones *et al.* (1991) indican que para *Cattleya* los niveles de N van de 1.50 % a 2.50 % como suficiente. Poole y Sheehan (1973) reportaron que en hojas de *Cattleya* la concentración de N foliar disminuye con la edad, puesto que éste tiende a acumularse en los pseudobulbos de mayor edad.

De acuerdo a los modelos estimados (Cuadro 30), la mayor concentración de N en las hojas de *Laelia anceps* se presentó cuando las plantas se fertilizaron con la solución al 100 % y al 133 %, sugiriendo que esta orquídea si responde a la disponibilidad de mas N en la solución nutritiva. Esto contrasta con lo observado en la raíz, ya que en ese caso la mayor concentración se presentó cuando las plantas se fertilizaron con la solución al 66 % y 100 %.

El orden del efecto de los sustratos en la concentración de N varió en función de la concentración de la solución nutritiva. En plantas fertilizadas con la solución al 66 % el orden fue: carbón, turba y tezontle, mientras que en plantas fertilizadas con la solución al 100 % y al 133 % el orden fue: tezontle, carbón y turba.

Sin embargo, a pesar de que en las plantas fertilizadas con la solución al 133 % se encontró una alta concentración de N en el follaje, el peso seco foliar fue reducido (Fig. 2A), por lo que se puede decir que esto es debido a un efecto de concentración debido a la menor acumulación de materia seca. Además, es claro que la mayor concentración de N no se reflejó en un aumento en el crecimiento, lo que sugiere que el N suficiente es el de la solución al 100 %. En contraste, en las plantas fertilizadas con la solución al 100 %, si hubo una relación entre la concentración de N y el peso seco foliar, ya que aquellas plantas desarrolladas en tezontle mostraron la mayor concentración y el mayor peso seco.

Cuadro 30. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de nitrógeno foliar (%) de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

<u>Concentración</u> (%)	<u>Sustratos</u>				
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Tezontle - Turba
			%		
66	4.44	3.71	3.90	-11.0	31.1
100	4.81	5.92	4.69	-12.1	-48.8
133	4.81	5.92	4.69	-12.1	-48.8

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: nitrógeno total en parte aérea y follaje = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4CT + \beta_5TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.8084$, $R^2_{ajustada} = 0.6967$.

4.3.2. Fósforo

4.3.2.1. Raíz

Tomando en cuenta los estudios realizados por Poole y Sheehan (1973) se puede considerar que los niveles de fósforo encontrados en la materia seca de las raíces va de 0.2 a 0.4 %. En el presente estudio, la mayor concentración de P en la raíz de *Laelia anceps* se presentó en plantas fertilizadas con la solución al 133 % (Cuadro 31), aunque sin existir una marcada diferencia en la concentración de P de plantas fertilizadas con la solución al 66 % y 100 %. Esta respuesta puede

deberse también a un efecto de concentración del P en la raíz ya que las plantas fertilizadas con la solución al 133 % tuvieron el menor peso seco de raíz.

En base a los modelos, se estima que la concentración de P será mayor en plantas fertilizadas con la solución al 66 % y desarrolladas en 99 % carbón + 1 % peat moss, así también se estima que las plantas que resultaran con la menor concentración de P serán las desarrolladas en 64 % carbón más 36 % turba y fertilizadas con la solución al 100 %.

Cuadro 31. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de fósforo (%) en raíces de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
	%					
66	0.12	0.08	0.10	0.14	0.22	-0.05
100	0.10	0.11	0.13	0.01	0.15	0.13
133	0.12	0.12	0.12	-0.07	0.18	-0.07

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: fósforo en raíces = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4CT + \beta_5CPM + \beta_6TPM$. El modelo es no significativo ($P > 0.001$), $R^2 = 0.6419$, $R^2_{ajustada} = 0.3374$.

4.3.2.2. Foliar

El P es un elemento móvil que se encuentra en mayor proporción en hojas jóvenes o de reciente madurez, pero la concentración va a depender del sustrato en que se desarrollen las plantas. Sánchez (2006) reporta para *Cattleya* 0.11-0.17 % de P como suficiente en el follaje. De acuerdo a los modelos estimados, el P en hojas de *Laelia anceps* fue más alto cuando se utilizaron las soluciones nutritivas al 66 y 133 % (Cuadro 32), pero con la solución al 100 % hubo una reducción en la concentración.

Con los modelos del Cuadro 32, se estima que el mayor nivel de P será cuando las plantas se fertilizaron con una solución al 66 % ó 100 % y se desarrollen en un sustrato que contenga 100 % carbón. Sin embargo, como se mencionó para el

caso de la concentración de N en el follaje, esto puede deberse a un efecto de concentración del P dado que el peso seco foliar fue más bajo en plantas fertilizadas con la solución al 133 %. El mayor peso seco foliar se presentó en plantas fertilizadas con la solución al 100 %, y éste está relacionado con una concentración de P que varió entre el 0.10 %, 0.12 %, y 0.13 % en plantas desarrolladas en tezontle, carbón y turba, respectivamente.

Cuadro 32. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de fósforo foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Concentración (%)	Sustratos		
	Carbón	Tezontle %	Turba
66	0.16	0.11	0.13
100	0.11	0.09	0.12
133	0.16	0.13	0.15

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: $\text{fosforo en raíces} = \beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 PM$. El modelo es altamente significativo ($P > 0.001$), $R^2 = 0.5109$, $R^2_{\text{ajustada}} = 0.3760$

4.3.3. Potasio

4.3.3.1. Raíz

La concentración de K en raíces de *Cattleya* ha sido reportado entre 0.30 y 1.16 % por Poole y Sheehan (1973). De acuerdo a los modelos estimados, las plantas desarrolladas en un sustrato de carbón y turba mostraron la mayor concentración de K cuando se fertilizaron con la solución al 100%, en tanto que aquellas desarrolladas en tezontle la presentaron al ser fertilizadas con la solución al 133 % (Cuadro 33). El mayor peso seco de raíces no estuvo relacionado con una mayor concentración de K, ya que las plantas tuvieron una mayor acumulación de materia seca cuando se desarrollaron en carbón o tezontle y fueron fertilizadas con la solución al 66 %. Esto puede ser debido a la alta movilidad del K dentro de la planta (Marschner, 2002), siendo translocado hacia la parte aérea.

De acuerdo a los modelos del Cuadro 33 se estima que la concentración de K será mayor en plantas fertilizadas con la solución al 100 % y desarrolladas en 100 % turba o carbón, en tanto que las plantas que resultarán con la menor concentración de K se desarrollaron en 100 % turba y con una solución al 133 %.

Cuadro 33. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de potasio en raíces de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos				
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón – Turba
			%		
66	0.39	0.28	0.32	0.24	0.07
100	0.54	0.33	0.51	0.95	0.79
133	0.38	0.40	0.30	2.21	0.55

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Potasio en raíces = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4CT + \beta_5CPM$. El modelo es altamente significativo ($P > 0.001$), $R^2 = 0.5558$, $R^2_{ajustada} = 0.3972$.

4.3.3.2. Foliar

De acuerdo con reportes de Jones *et al.* (1991) los niveles foliares de K en *Cattleya* pueden ser bajos si varían de 1.50 a 1.99 %, suficiente si la concentración es de 2.00 a 3.50 %, y alto si la concentración es mayor de 3.50 %. Los modelos estimados indican que los niveles más altos de K se presentaron en plantas fertilizadas con la solución al 100 % y 133 %, lo que indica que *Laelia anceps* responde a mayor disponibilidad de K aumentando la absorción de este elemento (Cuadro 34). La mayor concentración de K se detectó en hojas de plantas fertilizadas con la solución al 100 % y desarrolladas en tezontle, o bien con la solución al 133 % y desarrolladas en turba (Cuadro 34). Puesto que el mayor peso seco foliar se detectó en plantas fertilizadas con la solución al 100 % y desarrolladas en tezontle, se puede concluir que existe una correlación entre la mayor concentración de K y la mayor acumulación de materia seca foliar. Sin embargo, el mayor peso seco foliar no estuvo relacionado con un mayor peso seco de raíces, lo que sugiere una alteración en las relaciones fuente-demanda. Adicionalmente, estas plantas resultaron con una baja concentración de K en las

raíces, sugiriendo la posibilidad de que el K este siendo translocado hacia el follaje para permitir el crecimiento de la parte aérea.

De acuerdo a los modelos, se estima que el nivel mas alto de potasio se obtendrá utilizando la solución al 100 % y desarrolladas en una mezcla de 71 % carbón más 29 % turba. Asimismo se estima que las plantas resultaran con el menor porcentaje de potasio cuando sean desarrolladas en carbón puro y fertilizadas con solución al 133 %.

Cuadro 34. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de potasio foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
				%		
66	0.98	0.89	0.99	1.66	-3.10	1.26
100	1.05	0.89	1.01	-0.92	2.07	1.01
133	0.96	1.13	1.09	0.18	1.41	-0.51

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Potasio = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4CT + \beta_5CPM + \beta_6TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.8298$, $R^2_{ajustada} = 0.6852$.

4.3.4. Calcio

4.3.4.1. Raíz

Con base en estudios realizados por Poole y Sheehan (1973) en *Cattleya* y Poole (1978) y Espinosa-Moreno (2000) en *Phalaenopsis*, se consideran óptimos para los niveles de Ca una concentración de 0.1 a 0.4 % en *Cattleya* y de 0.05 a 0.67 % en *Phalaenopsis*. La concentración más alta de Ca se detectó en plantas fertilizadas con la solución al 66 o 133 % y desarrolladas en carbón o tezontle, respectivamente (Cuadro 35). El mayor peso seco de raíces estuvo relacionado con una mayor concentración de Ca, ya que las plantas tuvieron una mayor acumulación de materia seca cuando se desarrollaron en carbón o tezontle y fueron fertilizadas con la solución al 66 %.

Cuadro 35. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de calcio en raíces de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
	%					
66	0.81	0.41	0.32	1.24	1.64	-1.84
100	0.62	0.68	0.65	-1.80	0.36	-0.16
133	0.72	0.84	0.64	0.66	2.32	-0.57

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Calcio en raíces = $\beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 PM + \beta_4 CT + \beta_5 CPM + \beta_6 TPM$. El modelo es no significativo ($P > 0.001$), $R^2 = 0.5265$, $R^2_{ajustada} = 0.1240$.

4.3.4.2. Foliar

Los niveles reportados para Ca en el follaje de *Cattleya* por Poole (1978) y Jones *et al.* (1991) es de 0.50 a 2.00 %. En el presente experimento, se encontró una concentración de Ca más alta en el follaje en plantas fertilizadas con la solución al 66 %, independientemente del sustrato en el que las plantas fueron desarrolladas (Cuadro 36). Puesto que la mayor concentración de Ca en la raíz también se observó en plantas fertilizadas con dicha solución, se concluye que la solución óptima para el mayor contenido de Ca en la plantas es la solución al 66 %.

Cuadro 36. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de calcio foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
	%					
66	1.26	1.22	1.18	4.60	1.18	2.25
100	1.07	0.95	0.86	-1.68	-1.56	0.45
133	0.92	0.77	0.77	2.13	0.82	53.6

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Calcio en raíces = $\beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 PM + \beta_4 CT + \beta_5 CPM + \beta_6 TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.7330$, $R^2_{ajustada} = 0.5061$.

4.3.5. Magnesio

En Mg se reportan concentraciones en raíces de 0.27 a 0.70 % en *Cattleya* (Poole y Sheehan, 1973) y en *Phalaenopsis* hasta 0.75% como suficiente (Espinosa-Moreno, 1997); en el follaje se reportan concentraciones para *Cattleya* de 0.30-0.70 % (Jones et al., 1991) como suficiente. De acuerdo a los modelos, en *Laelia anceps*, se observó que la mayor concentración de Mg en la raíz se presentó en plantas fertilizadas con la solución al 100 %, siendo mas alta en plantas desarrolladas en turba y tezontle (Cuadro 37). En cambio, en el follaje, la concentración más alta se presentó en plantas fertilizadas con la solución al 66 % y 133 % y desarrolladas en tezontle o turba, y carbón, respectivamente (Cuadro 38).

Cuadro 37. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de magnesio en raíces de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos			
	Carbón	Tezontle	Turba	Tezontle - Turba
	%			
66	0.47	0.59	0.57	8.14
100	0.42	0.48	0.49	-0.84
133	0.59	0.42	0.47	2.89

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Magnesio = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.6833$, $R^2_{ajustada} = 0.5492$.

Cuadro 38. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de magnesio foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
	%					
66	0.84	0.83	0.76	1.18	-1.48	-1.69
100	1.19	1.48	1.79	-0.19	1.80	3.75
133	0.69	0.97	0.99	-1.09	1.91	-1.07

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Magnesio en raíces = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4CT + \beta_5CPM + \beta_6TPM$. El modelo es altamente significativo ($P > 0.001$), $R^2 = 0.7210$, $R^2_{ajustada} = 0.4951$.

4.3.6. Micronutrientes

Se han reportado concentraciones de B que van de 20 a 70 ppm en hojas, así también un estudio realizado por Velázquez (2001) en *Laelia speciosa* y *Cattleya aurantiaca* en la cual sólo se fertilizó foliar y no vía raíz, pero realizó un análisis de raíces sus niveles de B fueron 0.14 y 25.54 ppm.

Utilizando los modelos estimados se obtuvo que el sustrato que presentó niveles cercanos a los reportados en raíces fue el carbón y utilizando las concentraciones de solución nutritiva de 100 y 66 %, así también utilizando tezontle puro con una solución al 66 % y al 133 % (Cuadro 39), para el caso del follaje se obtuvo que cuando se desarrollaron las plantas en turba pura y fertilizando con las tres soluciones nutritivas se obtiene los niveles reportados (Cuadro 40).

Cuadro 39. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de boro en raíces de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos			
	Carbón	Tezontle	Turba	Tezontle – Turba
	ppm			
66	36.7	30.7	58.5	8.22
100	53.4	102.8	78.4	405
133	86.5	38.9	92.9	-642

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Boro en raíces = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.5957$, $R^2_{ajustada} = 0.4658$.

Cuadro 40. Modelos de estimación para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato la concentración de boro foliar de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

Concentración (%)	Sustratos				
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle	Tezontle - Turba
	ppm				
66	77.7	82.3	74.6	334	953
100	63.5	62.8	71.7	-45.8	-332
133	89.3	59.9	59.6	-466	25.5

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Boro = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4CT + \beta_5TPM$. El modelo es altamente significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.7381$, $R^2_{ajustada} = 0.6172$.

La concentración de Cu reportado en raíces es de 30 a 60 ppm (Poole y Sheehan, 1973) y en follaje de 5 a 20 ppm (Jones *et al.*, 1991). Según los modelos, en la raíz se presentaron niveles más bajos que los recomendados independientemente de la concentración de la solución nutritiva y sustrato (Cuadro 41); mientras que los niveles adecuados en el follaje se observaron en plantas desarrolladas en tezontle y carbón puros, independientemente de la solución nutritiva (Cuadro 41).

Cuadro 41. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de cobre en raíces de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses.

<u>Concentración (%)</u>		<u>Sustratos</u>	
	Carbón	Tezontle ppm	Turba
Raíces			
66	12.5	13.8	12.0
100	18.9	15.0	12.4
133	15.9	15.6	15.3
Foliar			
66	21.7	13.7	16.7
100	19.1	11.6	13.6
133	17.2	16.1	13.4

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: $\text{Cobre} = \beta_1 C + \beta_2 T + \beta_3 PM$. El modelo es altamente significativo ($P > 0.001$), $R^2 = 0.5179$, $R^2_{\text{ajustada}} = 0.3893$.

La concentración de Fe y Zn reportada por Poole y Sheehan (1973) va de 125-250 y 25-200 ppm en la raíz, respectivamente, y de 50-200 ppm y 250-750 ppm en el follaje, respectivamente (Jones *et al.*, 1991; Poole y Sheehan, 1973). Este caso, la turba es el sustrato en el que se presentaron concentraciones comparables a las reportadas cuando las plantas se fertilizaron con la solución 100 y 66 % (Cuadro 42 y 43).

Cuadro 42. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de hierro en raíces y foliar de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

<u>Concentración (%)</u>	<u>Sustratos</u>		
	Carbón	Tezontle ppm	Turba
Raíces			
66	225	335	212
100	426	592	142
133	292	485	535
Foliar			
66	59.9	38.9	32.1
100	48.9	37.4	32.2
133	61.3	46.4	48.7

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Hierro en raíces = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM$. El modelo es significativo ($P > 0.001$), $R^2 = 0.4888$, $R^2_{ajustada} = 0.3478$.

Cuadro 43. Modelos estimados para determinar el efecto de la concentración de la solución y la formulación del sustrato en la concentración de zinc en raíces y foliar de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

<u>Concentración (%)</u>	<u>Sustratos</u>					
	Carbón	Tezontle	Turba	Carbón - Tezontle ppm	Carbón - Turba	Tezontle - Turba
Raíces						
66	71.9	53.3	44.9	50.8	149	0.35
100	136	106	94.6	199	122	343
133	93.9	76.4	121	465	135	-189
Foliar						
66	101	58.5	42.6	463	382	0.36
100	91	80.5	84.7	-63.5	-672	134
133	101	87.9	91.1	-645	114	904

Los valores corresponden a los coeficientes de acuerdo al modelo: Zinc = $\beta_1C + \beta_2T + \beta_3PM + \beta_4CT + \beta_5CPM + \beta_6TPM$. El modelo es significativo ($P < 0.001$), $R^2 = 0.5609$, $R^2_{ajustada} = 0.4397$.

5. CONCLUSIONES

El óptimo desarrollo de raíces, pseudobulbos, y follaje estuvo asociado con diferentes sustratos y concentración de la solución nutritiva. Con base en las estimaciones de los modelos obtenidos, los mejores sustratos fueron aquellos a base de 100 % tezontle, o bien una mezcla de carbón + turba al 80 % + 20 % o 41 % + 59 %, y fertilizando las plantas con la concentración de solución nutritiva al 100 %. Aunque la mayor área foliar se estima que se presenta en plantas crecidas en sustratos elaborados con tezontle o la mezcla de carbón y peat moss en combinación con una fertilización con base a las concentraciones de solución nutritiva al 66 y 100 %, el peso seco foliar es una variable de crecimiento de suma importancia. El desarrollo de las plantas estuvo relacionado con una mayor concentración de K.

Corroborando con los análisis de varianza se muestra que el mejor tratamiento fue cuando se utilizó la concentración nutritiva al 100 % y utilizando como sustrato tezontle ó peat moss en su forma pura, pues presentaron niveles altos en la variables de peso seco, peso fresco, así como área foliar, además estos tratamientos presentaron niveles óptimos o recomendados en macro y micronutrientes.

6. LITERATURA CITADA

Alcántar, G. G. y M. Sandoval V. 1999. Manual de Análisis Químico de Tejido Vegetal. Guía de muestreo, preparación, análisis e interpretación. Publicación Especial No. 10 de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C., Chapingo, Méx., 156 p.

Ackerman, J. D. 1975. Reproductive biology of *Goodyera oblongifolia* (Orchidaceae). *Madroño* 23: 191-198.

Alderete, Ch. A y Carpello, G. S. 1998. Orquídeas de Tabasco. Gobierno del Estado de Tabasco. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. 150 p.

American Orchid Society. 1998. Manual sobre el cultivo de orquídeas. Gonzáles, J. D; F. Henríquez y M. de Satori (trds.) American Orchid Society, Inc. USA. 61 p.

Anónimo, 2006a. Revista Claridades agropecuarias, ASERCA, México, D.F. 60 p.

Anónimo, 2001a. Norma Oficial Mexicana NOM-ECOL-059, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

Anónimo, 2002b. *Venany Orchid; A Comprehensive Guide to orchid Culture*. New York, USA. 37 p.

Anónimo, 2006c. La floricultura mexicana, el gigante que esta despertando. *Claridades agropecuarias*. No. 154. 60 p.

Arditti, J. 1992. *Fundamentals of Orchid Biology*. John Wiley, New York.

Barker, A. V., y Pilbeam, D. J. 2006. *Handbook of Plant Nutrition*. Taylor & Francis, New York. USA. p. 614.

Darwin, C. 1877. The various contrivances by which orchid flowers are fertilized by insects. 2ª ed. (reimpresión de 1984), University of Chicago Press, Chicago.

Dressler, R. L. 1993. Phylogeny and Classification of the Orchid Family. Dioscorides Press, Portland.

Espejo-Serna, A. y López-Ferrari, A. R. 1997. Las Monocotiledóneas Mexicanas, una sinopsis florística I. Lista de referencia, parte VII. Orchidaceae 1. Consejo Nacional de la Flor de México, A. C., Universidad Autónoma Metropolitana y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 90 p.

Espejo-Serna, A. y López-Ferrari, A. R. 1998. Las Monocotiledóneas Mexicanas, una sinopsis florística I. Lista de referencia, parte VIII. Orchidaceae 2. Consejo Nacional de la Flor de México, A. C., Universidad Autónoma Metropolitana y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F. 115 p.

Espinosa-Moreno, J. A. 1997. Fertilización química y biológica de tres híbridos de orquídeas en condiciones de invernadero. Tesis de Maestro en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 111p.

Freuler, M. J. 2006. Orquídeas. Una guía para el cuidado y el cultivo de estas increíbles y sofisticadas epifitas. Albatros. Buenos Aires, Argentina. p 106.

García-Cruz, J., y Sosa, V. 1998. ORCHIDACEAE I. Clave de Subfamilias y Tribus. Flora de Veracruz. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Ver., México. Fascículo 106. pp 13.

Goh, C. I. y Kluge. 1989. Gas exchange and water relations in epiphytic orchids. *In: Vascular plants as epiphytic. Evolution and ecophysiology.* Luttge U. Springer-Verlant, Germany. 139-163 p.

Hágsater, E., Soto, M., Salazar, G., Jiménez, R., López, M., y Dressler, R. 2005. Las Orquídeas de México. Instituto Chinoín, México. p. 304.

Halbinger, F. 1993. Laelias de México. Asoc. Mex. Orq. México. 72 p.

Halbinger, F. y Soto, M. 1997. Laelias of México. Herbario AMO. Revista Orquídea (Méx.). Vol 15. 15 p.

Jones, B. J., Wolf, B. Jr, y Mills, H. A. 1991. Plant Analysis Handbook. A practical sampling, prerarations, analysis, and interpretation guide. Micro macro publishing, Inc. Georgia, USA. p. 213.

Laws, N. 2002. Orchid commerce around the world. *FloraCulture Intl.* 12(10):28-29.

MacDougall, T. 1943. White varieties of *Laelia anceps*. *Amer. Orchid Soc. Bull.* 14 (10):418-422.

Manrique, L. A. 1993. Greenhouse crops: A review. *J. Plant Nutrition* 16(12):2411-2477.

Marschner, H. Mineral Nutrition in Higher Plants. 2002. 2nd edit. Academic Press, USA. p. 889.

Martínez-Sánchez, A., Sarmiento, M., y Andrews, J. M. 2002. Orquídeas de Campeche. Sagarpa, Inifap, Campeche, México. p. 218.

Monk, R. 1995. A newcomer. Guide to Orchids. Orchid Rev. Vol.103 No.1204. 215 p.

Navarro-López, E. R., Vázquez, I. G., Cruz-San Pedro, E. V. y Bastida- Tapia, A. 2001. Botánica e Identificación de Orquídeas. Serie AGRIBOT No. 6. Chapingo, Estado de México, México. p 54.

Pinske, J. 2004. Manuales Prácticos. Orquídeas. Las especies e híbridos más bellos. Como elegirlas y cuidarlas. Omega. Barcelona España. p. 95.

Poole, H. A. y Sheehan, T. J. 1973. Chemical composition of plant parts of Cattleya orchids. Amer. Orchid Soc. Bul. Series No. 4638:889-895.

Poole, H. A. y Sheehan, T. J. 1977. Effect of artificial light sources, intensity, watering frequency, and fertilization practices on growth of Cattleya, Cymbidium, and Phalaenopsis orchids. Amer. Orchid Soc. Bul. 46:923-928.

Poole, H. A. y Sheehan, T. J. 1982. Mineral nutrition of orchids. In: Orchid Biology: Reviews and Perspectives. J. Arditti (ed). Vol. II. Cornell University Press, Ithaca, New York. 195.212 p.

Pridgeon, A. M. 1982. Diagnostic anatomical characters in the *Pleurothallidinae* (Orchidaceae). Amer. J. Bot. 69(6):921-938.

Pridgeon, A. 1995. The Illustrated Encyclopedia of Orchids. Timber Press, Portland, Oregon. USA. p.304.

Richard, L. C. 1817. De Orchideis ueropaeis annotationes. Mémoires du Muséum d'Histoire Naturelle, París.

Salinger, J. S. 1991. *Cymbidium*. Producción Comercial de Flores, Acribia, España. 245-259 p.

Sanchez, Ch. A. 2006. *Handbook of Plant Nutrition; Phosphorus*. Taylor & Francis. Yuma, Arizona. 51-90 p.

Sánchez-García, P., y Martínez-Bonilla, N. 1999. *Nutrición Mineral de Alstroemeria*. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A. C. Chapingo, Estado de México. p. 33.

Sarmiento-Fradera, M., y Romero- Giordano, C. 2000. *Orquídeas Mexicanas*. Miguel Ángel Porrúa. México, D.F. p. 147.

Sessler, J. G. 1978. *Orchids and How to Grow them*. 1st ed. Prentice-Hall, INC. Englewood, Cliffs. N. J. 370 p.

Sheehan, T. J. 1961. Effect of nutrition and potting media on growth and flowering of certain epiphytic orchids. Res. And Technol. Session, Proc. 3rd World Orchid Conf. p. 211-218.

Sheehan, T y Sheehan, M. 1979. *Orchid Genera illustrated*. Cornell University Press. Portland, Oregon. USA. 207.

Sheehan, T. J. 1998. *Orquídeas. Introducción a la floricultura*. Larson, A. R. AGT. Editores S.A. México. p.119- 146.

Sheehan, T., y Sheehan, M. 1994. *An Illustrated Survey of Orchid Genera*. Timber Press, Portland, Oregon, USA. P 421.

Smith, F. W. 1988. Interpretation of Plant Analysis. Concepts and Principles. In: Plant analysis. An interpretation manual. Reuter D. J. y Robinson, J. B. (Eds). Innata Press. Melbourne, Sydney, Australia. 1-12 p.

Stewart, J., y Griffiths, M. 1995. Manual of Orchids. Timber Press, Portland, Oregon. USA. p 338.

Soto, M. A. 1998. Listado actualizado de las Orquídeas de México. Orquídea (Méx.) 11: 233-277.

Tadeu de Faria, R., Valle Rego, L., Bernardi, A., and Molinari, H. 2001. Performance of different genotypes of Brazilian orchid cultivation on alternative substrates. Brazilian Journal of Biology and Biotechnology. 44:337-342.

Tyson, N. R. 1995. Home Orchid Growing. 4th ed. Prentice Hall Press. New York. 376 p.

U.N.A.N (Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua). 1997. Orquídeas de Nicaragua. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Internet. <http://www.nfdd.org>.

Valdez-Aguilar, L. A., y Hernández-Olaya, A. M. 2005. Anturio. Cultivo y fisiología. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Estado de México. p. 102.

Velázquez, V. R. 2001. Nutrición foliar en plantas de *Cattleya aurantiaca* Batem. Ex. Lindl. y *Laelia speciosa* (H.B.K) Schltr., bajo condiciones de invernadero. Tesis de maestro en ciencias. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.

Wang, Y. T. and Gregg, L.L. 1994. Medium and fertilizer affect the performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. HortScience 29:269-271.

Wang, Y. T. 1996. Effect of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchid. *Scientia Hort.* 65:191-197.

Wang, Y. T. 2000. Timing of fertilizer termination and a high P fertilizer on vegetative growth and flowering of the moth orchids. *HortScience* 35:60-62.

Wang, Y. T. y Konow, E. A. 2002. Fertilizer source and medium compositions affect vegetative growth and mineral nutrition of a hybrid moth orchid. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(3):442-447.

Wiard., L. A. 1987. *An Introduction to the Orchids of México*. Comstock Publishing Associates a division of Cornell University Press. Ithaca and London, USA. P. 239.

Yew, Ng. C. K y Sin, H. Ch., 2000. Orchid pseudobulbs 'false' bulbs with a genuine importance in orchid growth and survival!. *Scientia Horticulturae* 83 (2000) 165-172.

ANEXOS

Cuadro 1A. Resumen de análisis de varianza de caracteres evaluados en *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses bajo tres concentraciones de solución nutritiva y 13 mezclas de sustratos

Cuadrados medios											
FV	GL	Psh ²	Psp	Psr	Pst	Pfh	Pfp	Pfr	Pft	Af	
Concentración	2	6.77 **	6.21 **	9.87 **	53.4 **	261 **	734 **	108 **	2749 **	10236 *	
Sustratos	12	0.44	0.58	2.11	5.92	14.2	59.7	23.1	277	1309	
Con-Sus	24	0.24	0.56	1.43	2.72	12.2	32.7	6.0	86.3	887	
Error	117	1.00	1.02	1.99	7.50	39.4	90.5	11.7	322	3153	
Total	155										
CV		53.9	44.2	81.5	46.5	57.0	53.7	54.4	51.2	52.9	
$\bar{X}$		1.86	2.29	1.73	5.89	11.0	17.7	6.30	35.0	106	

Parte aérea											
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn	
Concentración	2	7.73	0.21	3.41	12.4	2.30	631	14.1	1015	713	
Sustratos	12	1.45	0.17	0.76	0.48	0.19	218	57.7	353	242	
Con-Sus	24	2.09	0.02	0.65	1.21	0.24	233	38.2	111	195	
Error	78										
Total	116										
CV		16.7	54.9	54.5	54.4	54.4	50.92	59.0	52.2	50.2	
$\bar{X}$		4.52	0.3	2.21	2.14	1.06	37.53	9.52	27.4	33.6	

Parte raíces											
FV	GL	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn	
Concentración	2	79.1	0.001	0.89	1.50	0.78	5502	332	151321	27547	**
Sustratos	12	3.52	0.007	0.15	1.44	0.18	856	3809	50117	919	*
Con-Sus	24	2.82	0.010	0.17	1.33	0.17	562	1121	17445	849	
Error	78										
Total	116										
CV		17.0	52.8	52.4	55.6	54.4	65.1	57.6	64.0	59.2	
$\bar{X}$		4.80	0.23	0.73	1.43	0.64	44.2	59.5	251	57.6	

** Significativo con $\alpha \leq 0.01$; * significativo con $\alpha \leq 0.05$

² Psh= Peso seco hojas; Psp= Peso seco pseudobulbo; Psr= Peso seco raíz; Pst= Peso seco total; Pfh= Peso fresco hojas; Pfp= Peso fresco pseudobulbo; Pfr= Peso fresco raíz; Pft= Peso fresco total; Af= Área foliar.

Cuadro 2A. Comparación de pruebas de medias en órganos de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Promedios de órganos																		
Concentración (%)	Psh ²	Psp ^s	Psr	Pst	Pfh	Pfps	Pfr	Pft	Af									
	g cm ²																	
66	2.21	a ^y	2.29	ab	1.69	ab	6.20	a	11.2	ab	19.9	a	7.20	a	38.3	a	107	ab
100	1.89	ab	2.64	a	2.19	a	6.72	a	13.1	a	19.8	a	7.05	a	40.0	a	119	a
133	1.49	b	1.95	b	1.32	b	4.76	b	8.60	b	13.3	b	4.63	b	26.6	b	91.5	b
DMS	0.46		0.47		0.65		1.27		2.92		4.42		1.59		8.35		26.1	

Promedios foliar																		
	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn									
	ppm																	
66	4.12	b	0.36	a	2.33	a	2.63	a	1.23	a	33.6	a	9.00	a	23.1	b	30.5	a
100	4.45	b	0.33	a	2.44	a	2.26	a	1.17	a	37.4	a	9.39	a	26.0	ab	31.7	a
133	5.00	a	0.22	b	1.88	a	1.52	b	0.78	b	41.6	a	10.18	a	33.0	a	38.4	a
DMS	0.41		0.09		0.64		0.63		0.31		10.3		3.04		8.00		9.10	

Promedios raíces																		
	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn									
	ppm																	
66	4.84	b	0.22	a	0.74	ab	1.24	a	0.64	ab	34.5	b	56.2	a	220	b	41.1	b
100	6.21	a	0.23	a	0.87	a	1.63	a	0.78	a	40.8	b	61.8	a	211	b	42.3	b
133	3.36	c	0.23	a	0.57	b	1.44	a	0.50	b	57.5	a	60.5	a	323	a	87.7	a
DMS	0.44		0.07		0.21		0.42		0.19		15.6		18.5		87		18.3	

^y Cifras con la misma letra dentro de columnas no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

^z Psh= Peso seco hojas; Psp^s= Peso seco pseudobulbo; Psr= Peso seco raíz; Pst= Peso seco total; Pfh= Peso seco hojas; Pfps= Peso seco pseudobulbo; Pfr= Peso seco raíz; Pft= Peso seco total; Af= Área foliar.

Cuadro 3A. Comparación de pruebas de medias en órganos de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Carbón	Sustratos Tezontle Proporción	Turba	Psh ^z	Psp ^s	Psr	Pst	Pfh ^g	Pf ^{ps}	Pfr	Pft	Af ^{cm²}
1.00	0.00	0.00	1.77 a ^y	2.04 a	1.74 a	5.56 a	10.8 a	17.5 a	4.85 a	33.2 a	93.9 a
0.00	1.00	0.00	2.25 a	2.31 a	2.16 a	6.73 a	13.5 a	16.9 a	6.73 a	37.2 a	125 a
0.00	0.00	1.00	1.96 a	2.53 a	1.77 a	6.26 a	11.6 a	22.5 a	9.37 a	43.6 a	124 a
0.50	0.50	0.00	1.73 a	2.12 a	1.62 a	5.48 a	10.4 a	16.3 a	4.69 a	31.5 a	98 a
0.50	0.00	0.50	2.09 a	2.61 a	1.57 a	6.29 a	12.0 a	19.5 a	6.62 a	38.2 a	109 a
0.00	0.50	0.50	1.71 a	2.05 a	1.54 a	5.30 a	10.0 a	13.0 a	6.50 a	29.6 a	93.6 a
0.67	0.17	0.17	2.06 a	2.59 a	2.98 a	7.64 a	11.5 a	18.2 a	5.85 a	35.7 a	109 a
0.17	0.67	0.17	1.64 a	2.23 a	1.56 a	5.44 a	9.8 a	16.5 a	6.11 a	32.5 a	104 a
0.17	0.17	0.67	2.01 a	2.59 a	1.52 a	6.13 a	11.9 a	19.6 a	8.13 a	39.7 a	110 a
0.42	0.42	0.17	1.83 a	2.06 a	1.46 a	5.36 a	10.9 a	15.9 a	4.68 a	31.5 a	105 a
0.42	0.17	0.42	1.74 a	2.23 a	1.53 a	5.51 a	10.4 a	17.7 a	5.90 a	34.1 a	104 a
0.17	0.42	0.42	1.73 a	2.33 a	1.61 a	5.68 a	9.86 a	18.2 a	7.29 a	35.4 a	107 a
0.33	0.33	0.33	1.65 a	2.09 a	1.42 a	5.17 a	9.94 a	17.6 a	5.14 a	32.6 a	92.5 a
DMS			1.38	1.40	1.95	3.78	8.67	13.1	4.74	24.7	77.54

^y Cifras con la misma letra dentro de columnas no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

^z Psh= Peso seco hojas; Psp= Peso seco pseudobulbo; Psr= Peso seco raíz; Pst= Peso seco total; Pfh= Peso fresco hojas; Pf^{ps}= Peso fresco pseudobulbo; Pfr= Peso fresco raíz; Pft= Peso fresco total; Af= Área foliar.

Cuadro 4A. Comparación de pruebas de medias de contenido foliar de macro y micronutrientes de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Sustratos																				
Carbón	Tezontle	Turba	N	P	K	Ca	Mg	B	Cu	Fe	Zn									
					%					ppm										
1.00	0.00	0.00	4.57	ab ^y	0.31	a	2.03	a	2.31	a	1.07	a	48.3	a	12.30	ab	37.2	a	44.7	a
0.00	1.00	0.00	4.62	ab	0.32	a	2.31	a	2.51	a	1.39	a	33.4	a	7.32	ab	21.3	a	29.9	a
0.00	0.00	1.00	4.36	ab	0.31	a	2.23	a	2.13	a	1.14	a	37.9	a	8.87	ab	21.8	a	35.1	a
0.50	0.50	0.00	5.24	a	0.26	a	1.93	a	1.70	a	0.86	a	38.5	a	14.70	a	39.0	a	36.5	a
0.50	0.00	0.50	4.48	ab	0.32	a	2.75	a	2.39	a	1.05	a	28.7	a	5.56	b	17.8	a	22.3	a
0.00	0.50	0.50	4.34	ab	0.27	a	1.94	a	1.89	a	0.89	a	35.6	a	7.19	ab	27.6	a	28.9	a
0.67	0.17	0.17	4.06	ab	0.30	a	2.21	a	2.17	a	1.05	a	41.2	a	8.40	ab	31.1	a	34.0	a
0.17	0.67	0.17	5.19	a	0.25	a	1.99	a	1.89	a	0.93	a	39.5	a	7.85	ab	28.8	a	35.1	a
0.17	0.17	0.67	4.53	ab	0.43	a	2.80	a	2.40	a	1.26	a	36.0	a	8.39	ab	23.8	a	36.2	a
0.42	0.42	0.17	3.89	b	0.30	a	2.19	a	2.05	a	1.08	a	33.3	a	9.08	ab	20.9	a	30.0	a
0.42	0.17	0.42	4.43	ab	0.27	a	2.43	a	2.07	a	1.11	a	43.0	a	11.52	ab	27.5	a	33.6	a
0.17	0.42	0.42	4.17	ab	0.29	a	1.95	a	2.15	a	0.96	a	34.8	a	11.67	ab	28.8	a	35.7	a
0.33	0.33	0.33	4.93	a	0.29	a	2.07	a	2.11	a	1.02	a	37.7	a	10.92	ab	30.0	a	34.4	a
DMS			1.21	0.27	1.91	1.87	0.93	30.8	9.05	23.9	27.1									

^y Cifras con la misma letra dentro de columnas no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

Cuadro 5A. Comparación de pruebas de medias de medias del contenido de macro y micronutrientes de raíces de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Sustratos																				
Carbón	Tezontle	Turba	N	P	K %	Ca	Mg	B	Cu	Fe ppm	Zn									
1.00	0.00	0.00	4.08	cd ^v	0.21	a	0.81	a	1.23	ab	0.53	a	36.5	a	63.8	abc	200	a	74.2	a
0.00	1.00	0.00	4.46	bcd	0.25	a	0.75	a	1.45	ab	0.79	a	26.7	a	57.4	abc	219	a	37.9	a
0.00	0.00	1.00	4.94	abcd	0.23	a	0.75	a	1.00	b	0.67	a	38.5	a	35.9	c	138	a	49.8	a
0.50	0.50	0.00	5.27	abc	0.22	a	0.69	a	1.43	ab	0.63	a	38.1	a	97.9	ab	257	a	70.2	a
0.50	0.00	0.50	5.47	ab	0.23	a	0.85	a	1.51	ab	0.60	a	41.9	a	51.5	abc	136	a	46.5	a
0.00	0.50	0.50	6.04	a	0.30	a	1.02	a	2.37	a	0.96	a	61.9	a	45.7	bc	347	a	68.8	a
0.67	0.17	0.17	5.13	abc	0.24	a	0.77	a	1.52	ab	0.56	a	59.2	a	51.8	abc	245	a	51.4	a
0.17	0.67	0.17	5.24	abc	0.22	a	0.69	a	1.29	ab	0.65	a	39.5	a	43.9	bc	274	a	50.9	a
0.17	0.17	0.67	4.76	abcd	0.19	a	0.52	a	0.77	b	0.42	a	40.4	a	55.4	abc	198	a	57.2	a
0.42	0.42	0.17	3.76	d	0.19	a	0.54	a	1.10	b	0.46	a	52.8	a	104.2	a	266	a	57.5	a
0.42	0.17	0.42	4.62	bcd	0.24	a	0.72	a	1.86	ab	0.72	a	51.4	a	40.7	c	289	a	59.5	a
0.17	0.42	0.42	4.29	bcd	0.25	a	0.72	a	1.53	ab	0.69	a	43.4	a	56.5	abc	308	a	60.4	a
0.33	0.33	0.33	4.39	bcd	0.20	a	0.59	a	1.60	ab	0.62	a	44.6	a	68.9	abc	391	a	57.3	a
DMS			1.31	0.19	0.61	1.26	0.56	46.4	55.2								259		54.4	

^y Cifras con la misma letra dentro de columnas no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

Cuadro 6A. Interacción de medias de peso seco en órganos de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Concentración (%)		Sustratos																									
		*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7	*8	*9	*10	*11	*12	*13													
Peso seco hojas (g)																											
66		2.93	a ^y	3.01	a	2.25	a	2.20	a	2.94	a	2.33	a	2.50	a	1.95	a	2.34	a	2.23	a	2.28	a	2.05	a	2.03	a
100		2.19	a	2.57	a	2.50	a	2.25	a	2.30	a	2.15	a	2.18	a	2.38	a	2.29	a	2.15	a	2.08	a	1.91	a	1.98	a
133		0.86	a	1.90	a	1.58	a	1.31	a	1.99	a	1.68	a	1.82	a	1.29	a	1.79	a	2.22	a	1.87	a	2.03	a	1.62	a
DMS		3.37																									
Peso seco pseudobulbos (g)																											
66		2.73	a	2.22	a	2.95	a	2.60	a	2.46	a	3.19	a	2.30	a	2.54	a	2.97	a	1.97	a	2.34	a	2.04	a	2.58	a
100		2.78	a	2.59	a	3.32	a	2.77	a	3.86	a	2.24	a	3.18	a	2.33	a	2.93	a	2.66	a	2.73	a	3.22	a	1.96	a
133		1.19	a	2.47	a	1.84	a	1.53	a	2.51	a	1.86	a	2.68	a	2.20	a	2.77	a	1.85	a	2.11	a	2.52	a	2.08	a
DMS		3.56																									
Peso seco raíz (g)																											
66		2.02	a	2.46	a	2.39	a	2.04	a	1.55	a	2.39	a	1.87	a	2.02	a	2.05	a	1.33	a	1.66	a	1.57	a	1.58	a
100		2.69	a	2.54	a	2.13	a	1.77	a	2.01	a	1.77	a	1.94	a	1.84	a	1.62	a	1.70	a	1.99	a	2.21	a	1.87	a
133		0.89	a	1.98	a	1.16	a	1.41	a	1.76	a	1.27	a	1.80	a	1.45	a	1.27	a	1.71	a	1.63	a	1.72	a	1.34	a
DMS		2.85																									
Peso seco total (g)																											
66		7.68	a	7.69	a	7.59	a	6.84	a	6.96	a	7.91	a	6.67	a	6.51	a	7.37	a	5.53	a	6.27	a	5.66	a	6.19	a
100		7.66	a	7.71	a	7.95	a	6.80	a	8.18	a	6.16	a	7.29	a	6.55	a	6.84	a	6.51	a	6.80	a	7.34	a	5.81	a
133		2.94	a	6.36	a	4.58	a	4.25	a	6.26	a	4.82	a	6.31	a	4.93	a	5.84	a	5.77	a	5.61	a	6.27	a	5.05	a
DMS		8.66																									
Área foliar (cm²)																											
66		118	a ^y	163	a	134	a	124	a	120	a	109	a	125	a	130	a	123	a	120	a	131	a	101	a	110	a
100		156	a	162	a	122	a	113	a	148	a	126	a	129	a	108	a	136	a	119	a	120	a	162	a	102	a
133		55	a	94	a	152	a	82	a	101	a	100	a	79	a	78	a	90	a	140	a	116	a	113	a	106	a
DMS		185																									

^y Cifras con las misma letra dentro de columnas no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

*1= 1.00 carbón; 2= 1.00 tezontle; 3= 1.00 turba; 4= 0.50 carbón+0.50 tezontle; 5= 0.50 carbón+ 0.50 turba; 6= 0.50 tezontle+ 0.50 turba; 7=0.67 carbón+0.17 tezontle+0.17 turba; 8= 0.17 carbón+0.67 tezontle +0.17 turba; 9= 0.17 carbón+0.17 tezontle+0.67 turba; 10= 0.42 carbón+0.42 tezontle +0.17 turba; 11=0.42 carbón+0.17 tezontle+0.42 turba; 12=0.17 carbón+0.42 tezontle+0.42 turba; 13= 0.33 carbón+0.33 tezontle+0.33 turba.

Cuadro 6A. Continuación

Concentración (%)		Sustratos												
		*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7	*8	*9	*10	*11	*12	*13
Peso fresco hojas (g)														
66	a ^y	13.3	15.6	a 15.3	a 13.7	a 13.8	a 10.9	a 12.3	a 14.2	a 13.6	a 12.3	a 13.9	a 10.9	a 12.5
100		18.2	a 19.8	a 12.5	a 12.5	a 16.0	a 14.9	a 15.2	a 12.1	a 13.9	a 13.9	a 13.6	a 11.6	a 12.3
133		4.67	a 10.4	a 9.53	a 8.17	a 11.5	a 10.4	a 9.07	a 7.53	a 10.8	a 13.7	a 10.4	a 11.7	a 10.3
DMS		21.1												
Peso fresco pseudobulbos (g)														
66		27.3	a 17.6	a 28.9	a 19.4	a 26.4	a 15.5	a 22.9	a 22.6	a 26.3	a 20.2	a 21.3	a 19.2	a 25.1
100		21.8	a 20.6	a 28.7	a 18.4	a 24.1	a 15.5	a 20.9	a 15.0	a 23.4	a 22.8	a 24.1	a 25.9	a 18.8
133		7.80	a 16.9	a 16.2	a 13.6	a 16.8	a 15.9	a 13.2	a 14.8	a 16.9	a 13.0	a 14.4	a 17.5	a 18.1
DMS		32.9												
Peso fresco raíz (g)														
66		6.27	a 7.50	a 10.9	a 6.43	a 8.00	a 9.53	a 8.40	a 10.5	a 11.5	a 4.87	a 7.43	a 7.77	a 7.77
100		7.27	a 8.17	a 11.7	a 4.73	a 6.97	a 7.00	a 6.30	a 5.60	a 8.67	a 6.07	a 6.57	a 10.2	a 6.60
133		2.00	a 5.93	a 7.20	a 4.20	a 7.13	a 5.93	a 3.63	a 5.07	a 5.33	a 4.80	a 6.70	a 7.37	a 3.50
DMS		11.9												
Peso fresco total (g)														
66		46.9	a 40.7	a 55.2	a 39.5	a 48.1	a 35.9	a 43.6	a 47.3	a 51.5	a 37.4	a 42.7	a 37.8	a 45.4
100		47.3	a 48.5	a 52.9	a 35.6	a 47.1	a 37.4	a 42.5	a 32.8	a 46.0	a 42.8	a 44.3	a 47.6	a 37.7
133		14.5	a 33.2	a 32.9	a 25.9	a 35.4	a 32.3	a 25.9	a 27.4	a 33.0	a 31.5	a 31.5	a 36.6	a 31.9
DMS		61.2												

^y Cifras con la misma letra dentro de columnas no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

*1= 1.00 carbón; 2= 1.00 tezontle; 3= 1.00 turba; 4= 0.50 carbón+0.50 tezontle; 5= 0.50 carbón+ 0.50 turba; 6= 0.50 tezontle+ 0.50 turba; 7=0.67 carbón+0.17 tezontle+0.17 turba; 8= 0.17 carbón+0.67 tezontle +0.17 turba; 9= 0.17 carbón+0.17 tezontle+0.67 turba; 10= 0.42 carbón+0.42 tezontle +0.17 turba; 11=0.42 carbón+0.17 tezontle+0.42 turba; 12=0.17 carbón+0.42 tezontle+0.42 turba; 13= 0.33 carbón+0.33 tezontle+0.33 turba.

Cuadro 7A. Contenido de macro y micronutrientos foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Concentración (%)	Sustratos												
	*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7	*8	*9	*10	*11	*12	*13
N (%)													
66	4.81 a-e ^y	3.47 de	3.96 b-e	4.81 a-e	4.24 b-e	3.47 de	4.39 b-e	4.95 a-e	4.67 a-e	4.32 b-e	3.61 c-e	2.97 e	3.89 b-e
100	5.02 a-e	6.08 a-c	4.67 a-e	3.96 b-e	4.03 b-e	3.68 c-e	3.75 c-e	4.24 b-e	4.46 a-e	3.25 e	4.81 a-e	4.88 a-e	5.02 a-e
133	3.89 b-e	4.32 b-e	4.46 a-e	6.93 a	5.16 a-e	5.87 a-d	4.03 b-e	6.37 ab	4.46 a-e	4.10 b-e	4.88 a-e	4.67 a-e	5.87 a-d
DMS	2.48												
P (%)													
66	0.53 a	0.43 a	0.40 a	0.36 a	0.43 a	0.29 a	0.44 a	0.27 a	0.40 a	0.25 a	0.31 a	0.28 a	0.30 a
100	0.28 a	0.30 a	0.35 a	0.24 a	0.28 a	0.31 a	0.24 a	0.29 a	0.64 a	0.37 a	0.28 a	0.30 a	0.33 a
133	0.13 a	0.22 a	0.18 a	0.16 a	0.24 a	0.20 a	0.22 a	0.19 a	0.24 a	0.28 a	0.23 a	0.30 a	0.25 a
DMS	0.54												
K (%)													
66	2.92 a	2.47 a	2.30 a	1.92 a	3.29 a	1.79 a	2.63 a	2.02 a	2.43 a	1.88 a	2.59 a	2.11 a	1.90 a
100	2.27 a	2.23 a	2.80 a	2.21 a	2.50 a	2.01 a	2.44 a	2.69 a	3.89 a	2.40 a	2.40 a	1.60 a	2.31 a
133	0.90 a	2.23 a	1.59 a	1.65 a	2.46 a	2.01 a	1.57 a	1.27 a	2.07 a	2.29 a	2.29 a	2.12 a	2.02 a
DMS	3.90												
Ca (%)													
66	3.67 a ^y	3.53 a	2.73 a	2.42 a	3.69 a	2.00 a	3.25 a	2.48 a	1.99 a	1.54 a	2.46 a	2.40 a	1.99 a
100	2.37 a	2.58 a	2.49 a	1.47 a	1.73 a	1.98 a	1.94 a	2.19 a	3.68 a	2.36 a	1.94 a	1.98 a	2.68 a
133	0.88 a	1.43 a	1.17 a	1.21 a	1.74 a	1.70 a	1.32 a	1.01 a	1.54 a	2.25 a	1.80 a	2.07 a	1.65 a
DMS	3.82												
Mg (%)													
66	1.66 a	1.90 a	1.39 a	1.04 a	1.43 a	0.94 a	1.46 a	0.99 a	1.09 a	0.97 a	1.18 a	1.10 a	0.88 a
100	1.19 a	1.47 a	1.41 a	0.93 a	0.87 a	0.93 a	0.89 a	1.19 a	1.89 a	1.18 a	1.20 a	0.80 a	1.28 a
133	0.37 a	0.81 a	0.61 a	0.60 a	0.85 a	0.81 a	0.81 a	0.61 a	0.80 a	1.08 a	0.95 a	0.99 a	0.91 a
DMS	1.91												

Cuadro 7A. Continuación

Concentración (%)		Sustratos																								
		*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7	*8	*9	*10	*11	*12	*13												
B (ppm)																										
66	35.7	a ^y	49.3	a	46.8	a	37.4	a	40.4	a	35.9	a	31.5	a	30.9	a	44.1	a	32.8	a	31.8	a	28.6	a	30.4	a
100	40.6	a	28.2	a	35.0	a	37.6	a	42.7	a	27.9	a	24.7	a	38.3	a	48.5	a	38.4	a	33.2	a	40.5	a	26.7	a
133	44.2	a	42.5	a	37.9	a	31.1	a	76.4	a	31.6	a	27.5	a	36.9	a	38.8	a	30.9	a	46.1	a	34.9	a	46.4	a
DMS	62.9																									
Cu (ppm)																										
66	7.9	ab	10.3	ab	9.41	ab	13.3	ab	5.71	ab	7.03	ab	5.93	ab	6.16	ab	22.1	a	14.8	ab	6.10	ab	6.98	ab	7.03	ab
100	6.5	ab	10.8	ab	5.71	ab	6.95	ab	11.1	ab	8.42	ab	10.2	ab	9.04	ab	8.41	ab	8.21	ab	8.56	ab	13.1	ab	2.33	b
133	10.9	ab	10.6	ab	7.44	ab	7.13	ab	16.5	ab	5.50	ab	9.99	ab	11.7	ab	17.6	ab	8.82	ab	8.88	ab	10.4	ab	13.8	ab
DMS	18.5																									
Fe (ppm)																										
66	26.3	a	26.9	a	32.9	a	28.7	a	36.6	a	22.3	a	21.8	a	20.3	a	42.3	a	22.8	a	21.1	a	15.3	a	18.5	a
100	24.9	a	28.9	a	33.6	a	26.3	a	22.7	a	15.6	a	15.9	a	23.7	a	41.6	a	25.8	a	16.4	a	28.4	a	15.9	a
133	26.5	a	28.9	a	28.6	a	27.4	a	55.7	a	22.6	a	19.9	a	27.9	a	37.7	a	46.2	a	30.7	a	23.7	a	35.2	a
DMS	48.8																									
Zn (ppm)																										
66	21.3	a ^y	36.4	a	36.2	a	30.4	a	21.9	a	34.4	a	33.2	a	34.5	a	41.4	a	25.9	a	41.4	a	25.5	a	28.4	a
100	39.6	a	28.4	a	45.3	a	37.9	a	35.4	a	26.3	a	29.2	a	29.5	a	28.9	a	20.0	a	26.5	a	31.3	a	27.6	a
133	31.4	a	42.1	a	32.6	a	39.2	a	71.9	a	32.4	a	29.8	a	30.9	a	32.6	a	38.6	a	30.3	a	46.9	a	32.9	a
DMS	55.5																									

^y Cifras con las misma letra dentro de columnas y dentro de cada elemento no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

*1= 1.00 carbón; 2= 1.00 tezontle; 3= 1.00 turba; 4= 0.50 carbón+0.50 tezontle; 5= 0.50 carbón+ 0.50 turba; 6= 0.50 tezontle+ 0.50 turba; 7=0.67 carbón+0.17 tezontle+0.17 turba; 8= 0.17 carbón+0.67 tezontle +0.17 turba; 9= 0.17 carbón+0.17 tezontle+0.67 turba; 10= 0.42 carbón+0.42 tezontle +0.17 turba; 11=0.42 carbón+0.17 tezontle+0.42 turba; 12=0.17 carbón+0.42 tezontle+0.42 turba; 13= 0.33 carbón+0.33 tezontle+0.33 turba.

Cuadro 8A. Contenido de macro y micronutrientes de raíz de plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por 8 meses.

Concentración (%)		Sustratos																									
		*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7	*8	*9	*10	*11	*12	*13													
N (%)																											
66		8.21	a ^y	3.39	g-k	6.37	a-e	3.35	g-k	3.82	c-k	2.79	jk	3.26	g-k	6.65	a-c	6.44	ad	4.72	b-k	4.74	b-k	2.79	jk	2.36	k
100		5.02	b-k	5.87	a-g	2.83	i-k	5.52	b-i	6.08	a-f	6.86	ab	4.85	b-k	4.67	b-k	4.10	c-k	6.15	a-f	2.96	i-k	5.52	b-j	6.44	a-d
133		6.79	ab	3.48	f-k	6.23	a-e	3.01	h-k	3.99	c-k	6.79	ab	6.65	a-c	3.78	c-k	5.09	b-j	5.66	a-h	3.39	g-k	2.96	i-k	3.74	e-k
DMS		2.68																									
P (%)																											
66		0.23	a	0.21	a	0.23	a	0.16	a	0.25	a	0.26	a	0.20	a	0.21	a	0.23	a	0.29	a	0.22	a	0.40	a	0.18	a
100		0.21	a	0.24	a	0.21	a	0.13	a	0.25	a	0.33	a	0.26	a	0.23	a	0.21	a	0.16	a	0.28	a	0.17	a	0.14	a
133		0.22	a	0.25	a	0.17	a	0.26	a	0.24	a	0.12	a	0.26	a	0.24	a	0.30	a	0.20	a	0.29	a	0.25	a	0.26	a
DMS		0.39																									
K (%)																											
66		0.61	ab	0.66	ab	0.65	ab	0.39	b	0.57	ab	0.67	ab	0.59	ab	0.68	ab	0.65	ab	1.21	ab	0.81	ab	1.65	a	0.73	ab
100		0.68	ab	0.75	ab	0.44	ab	0.35	b	0.99	ab	0.68	ab	0.89	ab	0.81	ab	0.59	ab	0.64	ab	1.00	ab	0.56	ab	0.36	b
133		0.71	ab	0.60	ab	0.54	ab	0.72	ab	0.45	ab	0.32	b	1.29	ab	0.92	ab	0.57	ab	0.89	ab	1.03	ab	0.80	ab	0.83	ab
DMS		1.25																									
Ca (%)																											
66		1.79	ab	1.03	b	0.80	b	0.59	b	1.54	ab	1.85	ab	0.84	b	2.62	ab	1.05	b	1.60	ab	1.45	ab	3.78	a	0.93	b
100		0.96	b	1.48	ab	1.14	b	0.71	b	2.06	ab	1.83	ab	1.36	ab	1.05	b	1.33	ab	0.84	b	2.56	ab	0.96	b	0.54	b
133		1.26	ab	0.93	b	1.17	b	1.44	ab	1.35	ab	0.70	b	1.48	ab	1.81	ab	2.03	ab	2.30	ab	1.79	ab	1.57	ab	1.52	ab
DMS		2.58																									
Mg (%)																											
66		0.56	ab	0.70	ab	0.53	ab	0.30	b	0.54	ab	0.60	ab	0.49	ab	0.82	ab	0.54	ab	1.19	ab	0.78	ab	1.60	a	0.54	ab
100		0.60	ab	0.69	ab	0.30	b	0.29	b	0.75	ab	0.65	ab	0.62	ab	0.52	ab	0.53	ab	0.52	ab	0.74	ab	0.52	ab	0.24	b
133		0.72	ab	0.53	ab	0.44	b	0.66	ab	0.50	ab	0.23	b	0.81	ab	0.91	ab	0.63	ab	0.82	ab	1.13	ab	0.83	ab	0.56	ab
DMS		1.14																									

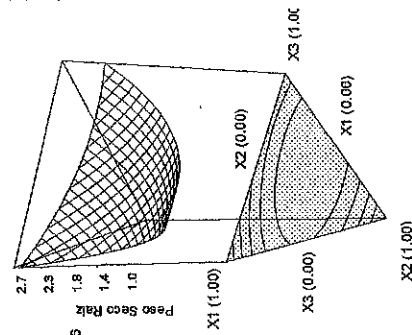
Cuadro 8A. Continuación

Concentración (%)		Sustratos										
*1	*2	*3	*4	*5	*6	*7	*8	*9	*10	*11	*12	*13
B (ppm)												
66	47.6 a ^y	15.2 a	28.8 a	50.9 a	24.6 a	82.3 a	27.7 a	43.5 a	24.4 a	35.9 a	42.5 a	44.8 a 50.8 a
100	24.9 a	58.6 a	45.1 a	43.1 a	80.7 a	68.6 a	51.9 a	25.8 a	50.5 a	33.2 a	49.0 a	37.5 a 66.7 a
133	41.1 a	26.9 a	56.9 a	58.4 a	57.2 a	67.1 a	16.9 a	23.9 a	78.9 a	34.3 a	40.4 a	43.2 a 25.4 a
DMS	94.8											
Cu (ppm)												
66	107 ab	47.2 ab	42.4 ab	32.3 ab	63.4 ab	46.4 ab	34.7 ab	86.8 ab	73.9 ab	32.9 ab	113 ab	34.4 ab 18.9 b
100	51.5 ab	56.4 ab	35.5 ab	141 a	48.9 ab	76.9 ab	71.2 ab	81.9 ab	37.7 ab	49.4 ab	53.7 ab	48.5 ab 81.9 ab
133	52.5 ab	49.7 ab	92.9 ab	78.9 ab	70.4 ab	66.8 ab	73.9 ab	44.1 ab	35.0 ab	34.7 ab	61.8 ab	42.3 ab 50.8 ab
DMS	112											
Fe (ppm)												
66	329 a	188 a	136 a	205 a	214 a	559 a	122 a	336 a	167 a	73 a	276 a	215 a 142 a
100	195 a	267 a	172 a	291 a	244 a	483 a	319 a	101 a	357 a	318 a	167 a	250 a 316 a
133	322 a	154 a	212 a	294 a	520 a	314 a	122 a	191 a	270 a	275 a	254 a	271 a 163 a
DMS	530											
Zn (ppm)												
66	101.7 a	27.1 a	22.7 a	83.2 a	48.6 a	122 a	40.8 a	42.8 a	36.3 a	43.6 a	72.8 a	42.9 a 35.6 a
100	31.0 a	41.6 a	49.7 a	57.1 a	46.1 a	99.1 a	58.4 a	29.3 a	68.3 a	35.0 a	74.5 a	49.6 a 98.2 a
133	51.1 a	32.5 a	39.3 a	76.1 a	94.3 a	131 a	36.3 a	32.4 a	93.8 a	33.7 a	38.1 a	53.4 a 55.12 a
DMS	111											

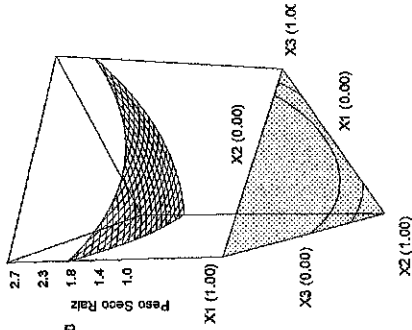
^y Cifras con las misma letra dentro de columnas no difieren significativamente (Tukey, $\alpha=0.05$).

*1= 1.00 carbón; 2= 1.00 tezontle; 3= 1.00 turba; 4= 0.50 carbón+0.50 tezontle; 5= 0.50 carbón+ 0.50 turba; 6= 0.50 tezontle+ 0.50 turba; 7=0.67 carbón+0.17 tezontle+0.17 turba; 8= 0.17 carbón+0.67 tezontle +0.17 turba; 9= 0.17 carbón+0.17 tezontle+0.67 turba; 10= 0.42 carbón+0.42 tezontle +0.17 turba; 11=0.42 carbón+0.17 tezontle+0.42 turba; 12=0.17 carbón+0.42 tezontle+0.42 turba; 13= 0.33 carbón+0.33 tezontle+0.33 turba.

DESIGN-EXPERT Plot
Peso Seco Raiz
X1 = A: CARBON
X2 = B: TEZONTLE
X3 = C: PEAT MOSS
Actual Factor
D: CONCENTRACION = 0.66



DESIGN-EXPERT Plot
Peso Seco Raiz
X1 = A: CARBON
X2 = B: TEZONTLE
X3 = C: PEAT MOSS
Actual Factor
D: CONCENTRACION = 1.00



DESIGN-EXPERT Plot
Peso Seco Raiz
X1 = A: CARBON
X2 = B: TEZONTLE
X3 = C: PEAT MOSS
Actual Factor
D: CONCENTRACION = 1.33

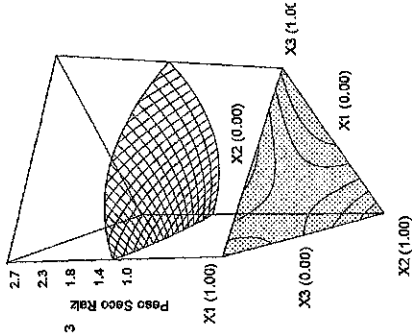
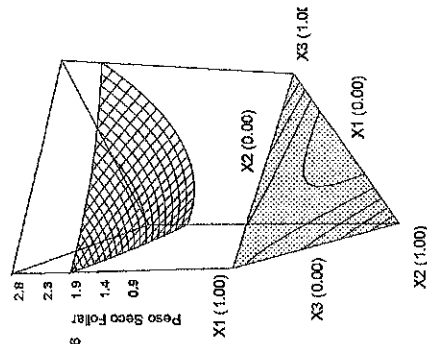
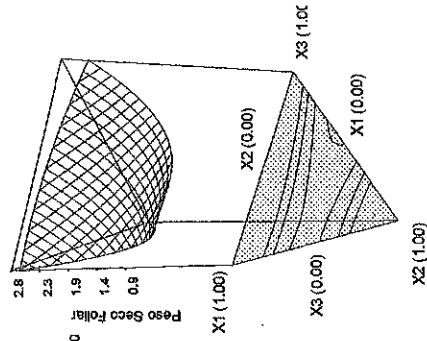


Figura 1A. Superficie de respuesta del peso seco de raíces en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses en función de la mezcla de sustratos y de la concentración de la solución nutritiva.

DESIGN-EXPERT Plot
Peso Seco Foliar
X1 = A: CARBON
X2 = B: TEZONTLE
X3 = C: PEAT MOSS
Actual Factor
D: CONCENTRACION = 0.66



DESIGN-EXPERT Plot
Peso Seco Foliar
X1 = A: CARBON
X2 = B: TEZONTLE
X3 = C: PEAT MOSS
Actual Factor
D: CONCENTRACION = 1.00



DESIGN-EXPERT Plot
Peso Seco Foliar
X1 = A: CARBON
X2 = B: TEZONTLE
X3 = C: PEAT MOSS
Actual Factor
D: CONCENTRACION = 1.33

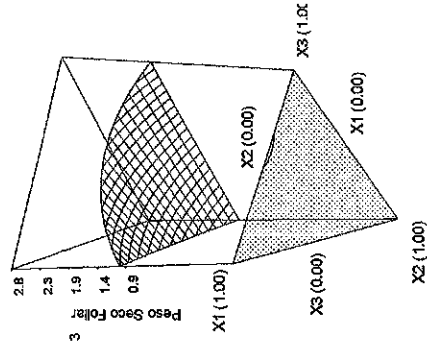
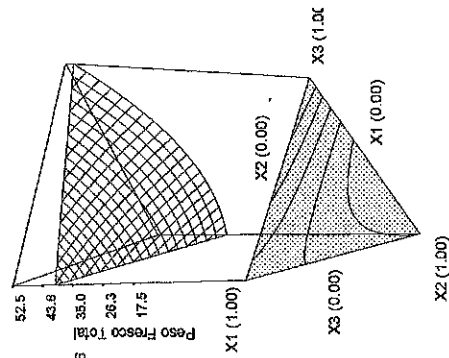


Figura 2A. Superficie de respuesta del peso seco foliar en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses en función de la mezcla de sustratos y de la concentración de la solución nutritiva.

DESIGN-EXPERT Plot

Peso Fresco Total
X1 = A: CARBON
X2 = B: TEZONTLE
X3 = C: PEAT MOSS

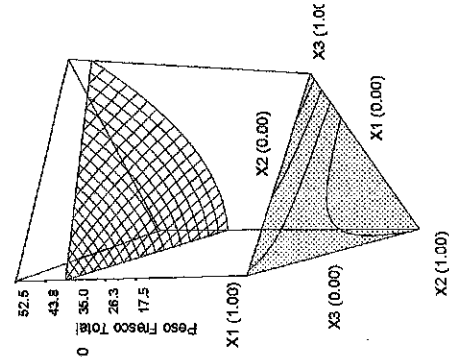
Actual Factor
D: CONCENTRACION = 0.66



DESIGN-EXPERT Plot

Peso Fresco Total
X1 = A: CARBON
X2 = B: TEZONTLE
X3 = C: PEAT MOSS

Actual Factor
D: CONCENTRACION = 1.00



DESIGN-EXPERT Plot

Peso Fresco Total
X1 = A: CARBON
X2 = B: TEZONTLE
X3 = C: PEAT MOSS

Actual Factor
D: CONCENTRACION = 1.33

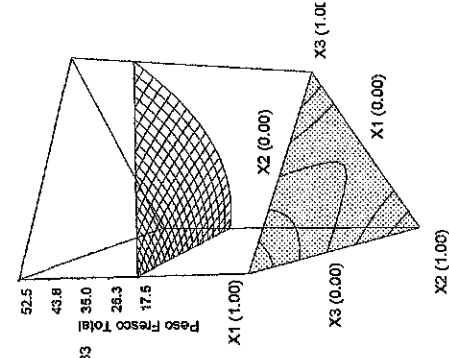


Figura 3A. Superficie de respuesta del peso fresco total en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses en función de la mezcla de sustratos y de la concentración de la solución nutritiva.

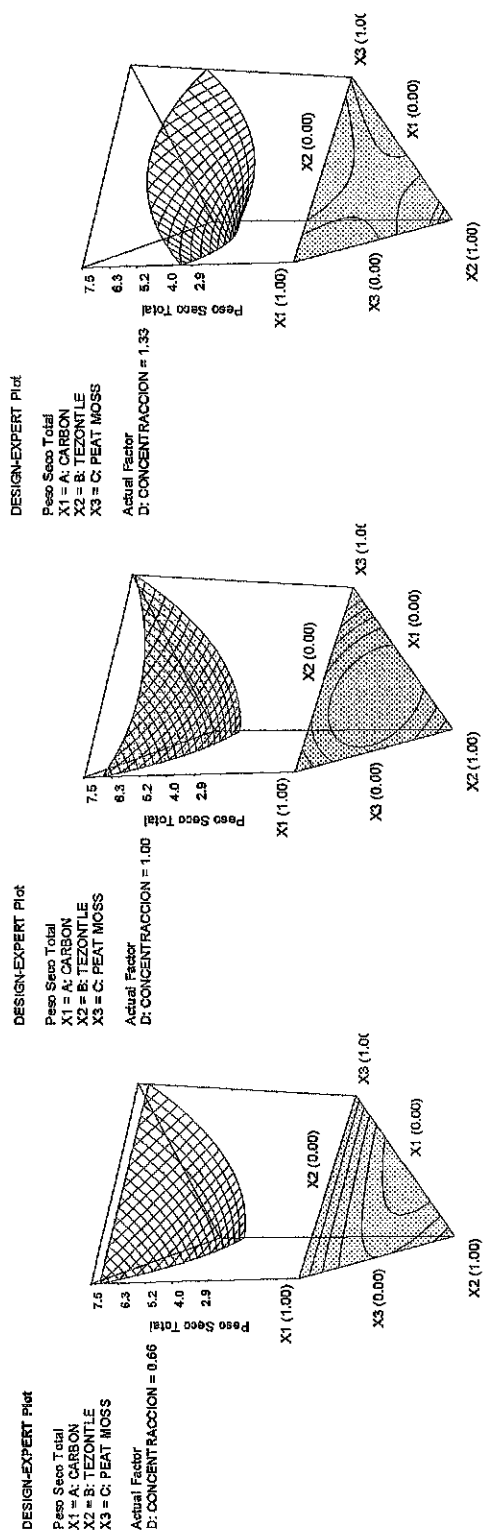


Figura 4A. Superficie de respuesta del peso seco total en plantas de *Laelia anceps* desarrolladas por ocho meses en función de la mezcla de sustratos y de la concentración de la solución nutritiva.