

Universidad Autónoma Chapingo

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA POSGRADO EN HORTICULTURA

“NUTRICIÓN FOLIAR EN PLANTAS DE Cattleya aurantiaca
Batem. Ex. Lindl. Y Laelia speciosa (H.B.K.) Schltr., BAJO
CONDICIONES DE INVERNADERO”



Que como Requisito Parcial
para obtener el Grado de:
MAESTRO EN CIENCIAS
EN

HORTICULTURA

PRESENTA:

FITOTECNIA

DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

ROSALINDA VELÁZQUEZ VERGARA

Chapingo, México, diciembre de 2001.



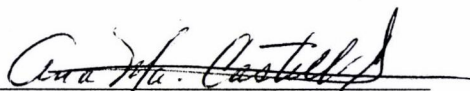
BIBLIOTECA CENTRAL U. A. C.

BIB 96795

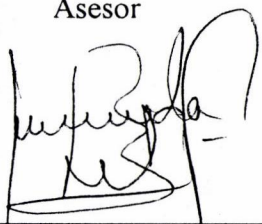
FERTILIZACIÓN FOLIAR EN PLANTAS DE
***Cattleya aurantiaca* BATEM. EX LINDL. Y *Laelia speciosa* (H. B. K.) SCHLTR.**
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Tesis realizada por **Rosalinda Velázquez Vergara** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

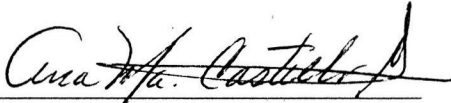

Dra. Ana María Castillo González
Director

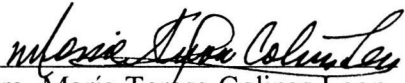

Dra. María Teresa Colinas Leon
Asesor

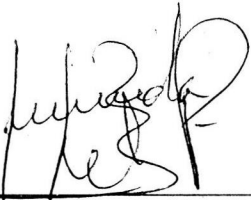

Mc. Joel Pineda Pineda
Asesor

FERTILIZACIÓN FOLIAR EN PLANTAS DE
***Cattleya aurantiaca* BATEM. EX LINDL. Y *Laelia speciosa* (H. B. K.) SCHLTR.**
BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

El jurado que revisó y aprobó el examen de grado de **Rosalinda Velázquez Vergara** autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura estuvo constituido por:


Dra. Ana María Castillo González
Presidente


Dra. María Teresa Colinas Leon
Asesor


Mcl Joel Pineda Pineda
Asesor

AGRADECIMIENTOS

Un reconocimiento muy especial a la Dra. Ana María Castillo por su valiosa ayuda y atinada orientación en la definición de esta investigación, así como por las facilidades concedidas para la realización de este trabajo.

A los integrantes de mi comité asesor: Dra. María Teresa Colinas Leon y al M. C. Joel Pineda Pineda, por sus acertados comentarios y correcciones, por su dirección y apoyo para la realización de este trabajo, así como por la confianza depositada en mí.

Al M.C. I. Sergio Bernal Salazar, mi compañero, por su paciencia, dedicación, apoyo y sugerencias para la realización no sólo de esta investigación sino también de mis estudios de Maestría, gracias, por el tiempo concedido en la revisión de este trabajo y por tus comentarios tan acertados.

Al señor Alejandro García Galicia quien proporciono el espacio material para la realización de la fase de invernadero así como su amistad incondicional.

A la Q. F. B. Angela Barrera Cortés, por su amistad y su apoyo incondicional en la fase de laboratorio.

Al M. C. Tarsicio Corona Torres por su ayuda y orientación en la parte estadística de esta investigación.

A todas aquellas personas que de una u otra manera hicieron posible la realización de este trabajo.

A la Universidad Autónoma Chapingo y al departamento de Fitotecnia, por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de Maestría y por parte del financiamiento para la realización de este trabajo.

A todos aquellos profesores de la Maestría en ciencias en Horticultura que me enseñaron con esmero el arte del saber y compartieron sus conocimientos.

Al Dr. Carlos Acosta Zamudio, donde quiera que este, por su apoyo en la fase inicial de esta investigación y por su comprensión.

DEDICATORIA

A mi querido y muy amado esposo Sergio, quien ha sido un compañero incondicional que siempre me ha motivado y apoyado para realizar mis proyectos y superación personal, quien a soportado mis impacencias y malos ratos. Mil gracias, por tu cariño y paciencia.

A mi hija, Citlalli, que es una parte de mí, con su júbilo y amor alegre y transforma mi existencia. Gracias, estrellita por alumbrar mi camino y por soportar mis malos momentos, mis impacencias y mis ausencias en aras de mi superación personal.

A mis padres: Gudelia Vergara y Federico Velázquez, quienes con su amor y apoyo me enseñaron y apoyaron en mi superación como persona y con quienes comparto mis alegrías y mis tristezas.

A mis hermanos, a quienes amo y por que están siempre presentes en el momento preciso con su ayuda y entusiasmo.

DATOS BIOGRÁFICOS

La autora de la presente tesis **Rosalinda Velázquez Vergara** de nacionalidad mexicana, realizó sus estudios de Licenciatura en la Facultad de estudios Profesionales Zaragoza (FES-Z), UNAM, México, durante el período de 1990 a 1996. Obteniendo el título de Biólogo con la tesis intitulada: “Efecto de sacarosa, glucosa y fructosa sobre la germinación de semillas, el desarrollo y crecimiento de plántulas de *Laelia speciosa* (H. B. K.) Schltr. cultivadas *in vitro*”.

Durante el período de 1996 a 1998 trabajó en diferentes lugares, siendo en San Gregorio, Xochimilco, D. F., donde finalmente se estableció laboralmente brindando asesorías a productores de ese lugar en cultivos de plantas ornamentales.

Realizó estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura con orientación en Floricultura en el Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo de 1998 al 2000.

CONTENIDO

	Página
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xviii
1.- INTRODUCCIÓN	1
2.- REVISIÓN DE LITERATURA	4
2. 1. Aspectos generales de las orquídeas	4
2. 2. Aspectos anatómicos	8
2. 3. Aspectos generales de <i>Laelia speciosa</i>	9
2. 3. 1. Clasificación taxonómica	10
2. 4. Aspectos generales de <i>Cattleya aurantiaca</i>	11
2. 4. 1. Clasificación taxonómica	11
2. 5 Fisiología de la nutrición en orquídeas	12
3.- MATERIALES Y MÉTODOS	18
3. 1. Obtención del material biológico	18
3. 2. Anatomía de la hoja y raíz de <i>C. aurantiaca</i> y <i>L. speciosa</i>	18
3. 2. 1. Cortes de hoja y raíz	18
3. 3. Microtecnica	18
3. 3. 1. Fijación	18
3. 3. 2. Deshidratación y transparentación	19

3. 3. 3. Inclusión en parafina	19
3. 3. 4. Corte y montaje	19
3. 3. 5. Remoción de la parafina	20
3. 3. 6. Tinción con safranina y verde fijo	20
3. 3. 7. Observación se los cortes en el microscopio	20
3. 3. 8. Tinción para la identificación de cutícula	20
3. 4. Frecuencia estomática e índice estomático	21
3. 4. 1. Toma de muestras	21
3. 4. 2. Número de células estomáticas y epidérmicas	22
3. 4. 3. Densidad estomática e índice estomático	22
3. 4. 4. Tamaño de estomas	23
3. 5. Análisis nutrimental inicial (9 de agosto del 2000)	23
3. 6. Tratamientos de fertilización foliar	25
3. 6. 1. Diseño de tratamientos y diseño experimental	25
3. 7. Riego y fertilización	26
3. 8. Ubicación del experimento	26
3. 9. Condiciones de crecimiento	26
3. 10. Área foliar en hojas	27
3. 11. Peso específico (PE)	27
3. 12. Contenido de clorofila	28
3. 13. Crecimiento vegetativo, floración y contenido nutrimental final (28 de junio del 2001) en plantas de las dos especies	29
4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4. 1. Anatomía de hoja y raíz de <i>Laelia speciosa</i> y <i>Cattleya aurantiaca</i>	30

4. 1. 2. Anatomía de la raíz de <i>L. speciosa</i>	30
4. 1. 3. Anatomía de la raíz de <i>C. aurantiaca</i>	32
4. 1. 4. Anatomía de la hoja de <i>L. speciosa</i>	34
4. 1. 5. Anatomía de la hoja de <i>C. aurantiaca</i>	35
4. 2. Análisis estomático y cuticular en hojas de <i>Cattleya</i> y <i>Laelia</i>	35
4. 3. Análisis nutrimental inicial (9 agosto del 2000) en las dos especies	41
4. 3. 1. Contenido nutrimental en los diferentes órganos de las dos especies de orquídeas	44
4. 3. 2. Concentración nutrimental en hojas, raíces y pseudobulbos de plantas de <i>Cattleya</i> y <i>Laelia</i>	47
4. 4. Peso específicos en hojas de <i>Cattleya</i> y <i>Laelia</i> tratadas con los diferentes fertilizantes foliares	48
4. 5. Efecto de los diferentes tratamientos foliares en la acumulación de clorofila en las dos especies	51
4. 6. Efecto de las diferentes soluciones foliares sobre el crecimiento y floración en plantas de <i>Cattleya</i> y <i>Laelia</i>	54
4. 7. Efecto de la fertilización foliar en plantas de <i>C. aurantiaca</i>	58
4. 8. Efecto de la fertilización foliar en plantas de <i>L. speciosa</i>	62
4. 9. Comparación de las respuestas a la fertilización foliar entre las dos especies	68
4. 10. Comparación a través del tiempo de algunas variables en plantas de <i>Cattleya</i> y <i>Laelia</i> , por efecto de los fertilizantes	70
4. 11. Análisis nutrimental final (28 de junio del 2001)	76
4. 12. Efecto de la fertilización foliar sobre el contenido nutrimental	79

5.- CONCLUSIONES	82
6.- LITERATURA CITADA	84
7.- ANEXOS	91

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Diseño de tratamientos de la dosis de fertilización foliar en plantas de <i>Cattleya aurantiaca</i> y <i>Laelia speciosa</i>	25
2. Composición de la solución de Steiner	25
3. Composición de los fertilizantes foliares formulados a base de N, P y K	26
4. Análisis estomático del envés en hojas totalmente extendidas de <i>Cattleya</i> <i>aurantiaca</i> y <i>Laelia speciosa</i>	36
5. Grosor de la cutícula y área foliar en hojas totalmente extendidas de <i>Cattleya</i> y <i>Laelia</i>	40
6. Comparación en la acumulación de nutrimentos en las plantas de las dos especies (primer muestreo, 9 de agosto del 2000)	42
7. Contenido nutrimental en los órganos de plantas de las dos orquídeas...	44
8. Contenido nutrimental en los diferentes órganos de las plantas de <i>Cattleya</i> y <i>Laelia</i>	47
9. Peso específico en hojas de <i>Laelia</i> y <i>Cattleya</i>	50

10.	Efecto de los diferentes tratamientos foliares en el contenido de clorofila en plantas de <i>Cattleya</i>	51
11.	Efecto de los diferentes tratamientos foliares en el contenido de clorofila en plantas de <i>Laelia</i>	52
12.	Efecto de las diferentes dosis de fertilización y fertilizante foliar en plantas de orquídeas	56
13.	Efecto general de las diferentes soluciones foliares en algunas respuestas fisiológicas en plantas de <i>Cattleya</i> y <i>Laelia</i>	68
14.	Contenido nutrimental antes y después de la fertilización foliar en las hojas de las plantas de <i>Cattleya aurantiaca</i>	77
15.	Efecto de los diferentes tratamientos de fertilización foliar en la concentración de nutrimentos en hojas de <i>C. aurantiaca</i> y <i>L. speciosa</i>	80

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1 Corte transversal de raíz de <i>Laelia speciosa</i> ..	31
2 Corte transversal de raíz de <i>Cattleya aurantiaca</i>	33
3 Corte transversal de hoja de <i>Laelia</i> y <i>Cattleya</i>	34
4 Vista de la parte abaxial de la hoja de <i>C. aurantiaca</i> , mostrando estomas	39
5 Vista de la parte abaxial de la hoja de <i>L. speciosa</i> , mostrando estomas ...	39
6 Corte transversal de hoja, donde se muestra la cutícula de hoja <i>Cattleya</i> y <i>Laelia</i>	40
7 Efecto de la fertilización foliar en plantas de <i>Cattleya</i>	58
8 Efecto de los diferentes tratamientos foliares en plantas de <i>C. aurantiaca</i>	59
9 Mejores tratamientos foliares para <i>Cattleya</i>	61
10 Efecto mínimo de los tratamientos foliares para <i>Cattleya</i>	61
11 Efecto de la nutrición foliar en plantas de <i>Laelia</i>	63

12 Efecto de la fertilización foliar en <i>Laelia speciosa</i>	64
13 Mejores tratamientos foliares para las plantas de <i>Laelia</i>	66
14 Efecto mínimo de los fertilizantes foliares para <i>Laelia</i>	66
15 Efecto de la fertilización foliar en plantas de <i>Cattleya</i> a través del tiempo	71
16 Efecto de los diferentes fertilizantes foliares en algunas variables en plantas <i>Cattleya aurantiaca</i> a través del tiempo	72
17 Efecto de la fertilización foliar en plantas de <i>Laelia speciosa</i> a través del tiempo	74
18 Efecto de los diferentes tratamientos foliares en algunas variables en plantas de <i>Laelia</i> a través del tiempo	75

RESUMEN

FERTILIZACIÓN FOLIAR EN PLANTAS DE *Cattleya aurantiaca* BATEM. EX LINDL. Y *Laelia speciosa* (H. B. K.) SCHLTR. BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

Rosalinda Velázquez Vergara¹ y Ana María Castillo González²

El presente trabajo se realizó con la intención de obtener información básica sobre las especies *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa* de anatomía de hoja y raíz, también se hizo un análisis estomático y cuticular. El experimento se llevó a cabo del período de 16 de septiembre del 2000 al 28 de junio del 2001, se evaluó la respuesta a diferentes dosis de la solución de Steiner (100, 50 y 25 %), de N, K (100 y 200 mg L⁻¹) y de P (70 y 35 mg L⁻¹). Las variables evaluadas fueron: área foliar, peso específico (PE), contenido de clorofila **a**, **b** y **total**, el contenido nutrimental (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn y B) en hojas, longitud del tallo, número de hojas, pseudobulbos, brotes vegetativos, florales y diámetro de flor de esta especies. Las plantas se cultivaron en tezontle como sustrato. Se realizaron análisis nutrimentales iniciales (en hojas, raíces y pseudobulbos) y finales (solamente en hojas) de las plantas fertilizadas cada 15 días. Se observaron diferencias anatómicas tanto en raíz, hoja y cutícula entre las dos especies. Las hojas de *Cattleya* tuvieron mayor área foliar (29.56 cm²) que las de *Laelia* (20.91 cm²), mayor índice estomático (8.07%) en comparación con *Laelia* (6.73%). Las hojas de *L. speciosa* presentaron diferencias en el grosor de la epidermis abaxial, siendo ésta más gruesa (12.93 mm) que la adaxial (8.54 mm); la epidermis de *C. aurantiaca* es más ancha en su parte abaxial que en la adaxial (10.98 y 8.54 mm respectivamente); sin embargo, los estomas de la ésta última especie tuvieron mayores dimensiones (45.05 mm de largo y 38.65 mm de ancho) que las de *Cattleya* (34.55 y 24.02 mm respectivamente). Los análisis estadísticos de los diferentes órganos de las plantas mostraron que las hojas de las dos especies concentraron más N, K, Ca, Mg y Mn, las raíces más Fe, Zn y B y, los pseudobulbos más P. Las comparaciones entre especies indicaron que las hojas, raíces y pseudobulbos de *Laelia* tienen mayor contenido de N, K, y Mn, *Cattleya* presentó mayor contenido de P, Ca, Zn y B en éstos órganos. Los análisis nutrimentales, revelaron que las plantas de *Cattleya* regadas sólo con agua de la llave (testigo) presentaron mayor PE (0.1127 g cm⁻²) en el análisis inicial y, en el final lo tuvieron las tratadas con la solución nutritiva de 70 mg L⁻¹ y en *Laelia* las tratadas con 200 mg L⁻¹ de K y Steiner al 100 % éstas variables fueron mayores (0.1531 y 0.067 g cm⁻² respectivamente). Los fertilizantes foliares tuvieron poco efecto en el contenido de clorofilas **a**, **b** y **total** en las plantas de

¹ Resumen de la tesis que presenta el autor como requisito parcial para obtener el grado de Maestro en Ciencias en Horticultura.

² Director de tesis: Profesor-Investigador de tiempo completo del departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). Chapingo, México. 56230.

Cattleya y *Laelia* del primero al segundo muestreo. En *C. aurantiaca* los tratamientos que promovieron la longitud del tallo, brotación floral (y diámetro de flor), proliferación de pseudobulbos (y hojas), brotación vegetativa, y flores fueron la solución de Steiner al 100, 50 y 25%, 35 mg L⁻¹ de P y 200 mg L⁻¹ respectivamente. Mientras que los mejores tratamientos en las plantas de *Laelia* para la longitud del tallo (y número de hojas) la solución de Steiner al 100%, para la brotación floral la de 100 mg L⁻¹ de K y 35 mg L⁻¹ de P, respectivamente, para la brotación floral, floración y diámetro de flor la de 35 mg L⁻¹ de P y para la proliferación de pseudobulbos fue la de 100 mg L⁻¹ de K. *Cattleya* presentó mayor longitud, número de brotes vegetativos y florales, más hojas y flores, mientras, que *Laelia* tuvo mayor número de pseudobulbos y diámetro de flor. Con base a los resultados obtenidos se concluye que las plantas de orquídeas sí necesitan de la fertilización y en el caso particular de *Cattleya* y *Laelia* la nutrición foliar resultó efectiva; sin embargo; dado el estado fenológico de las plantas, los diferentes fertilizantes y su concentración, deberán ser aplicados dependiendo de las etapas y de los requerimientos nutricionales de cada especie.

Palabras clave: Orquídeas, anatomía de hoja y raíz, índice estomático, cutícula, crecimiento vegetativo, floración.

ABSTRACT

Rosalinda Velázquez Vergara

FERTILIZATION OF FOLIAR IN PLANTS OF *Cattleya aurantiaca* BATEM. EX. LINDL. AND *Laelia speciosa* (H. B. K.) SCHLTR., UNDER CONDITIONS OF GREENHOUSE

December 2001

Under the direction of A. M. Castillo González.

The present work was carried out with the intention of obtaining basic information on the species *Cattleya aurantiaca* and *Laelia speciosa* of leaf anatomy and root, it was also made an analysis estomatic and cuticle. The experiment was carried out of the period of September 16 from the 2000 to June 28 the 2001. On the other hand, the answer was evaluated to different dose of the solution of Steiner (100, 50 and 25%), of N, K (100 and 200 mg L⁻¹) and of K (70 and 35 mg L⁻¹). The evaluated variables were: area to foliar, weigh specific (PE), chlorophylls content **a**, **b** and **total**, contained nutrimentals (N, P, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn and B) in leaves, longitude of the stem, number of leaves, pseudobulbs, vegetative, floral buds and diameter of flower of this species. The plants were cultivated in tezontle like substrate. They were carried out analysis initial nutrimental (in leaves, roots and pseudobulbs) and final (only in leaves) of the plants established nine months in the greenhouse and fertilized every 15 days. Anatomical differences were observed so much in root, leaf and cuticle among the two species. The leaves of *Cattleya* had bigger area to foliar (29.56 cm²) that those of *Laelia* (20.91 cm²), major index estomatic (8.07%) in comparison with *Laelia* (6.73%). Las of *L. speciosa* presented differences in the thickness of the epidermis abaxial, being this thicker (12.93 (m) that the adaxial (8.54 (m); the epidermis of *C. aurantiaca* is wider in its part abaxial than in adaxial(10.98 8.54 µm respectively); however, the estomatas of the this last species had bigger dimensions (45.05 µm of long and 38.65 µm of wide) that those of *Cattleya* (34.55 and 24.02 µm respectively). The statistical analyses of the different organs of the plants showed that the leaves of the two species concentrated more N, K, Ca, Mg y Mn, las raíces más Fe, Zn y B y, los pseudobulbos más P. The comparison among species indicated that the leaves, roots and pseudobulbs of *Laelia* have bigger content of N, K, Mg and Mn, *Cattleya* presented bigger content of P, Ca, Zn and B in these organs. The effect nutrimental, revealed that the plants of *Cattleya* only watered with water of the key (witness) bigger PE presented (0.1127 g cm²) in the initial analysis and in the end they had it those tried with the nutritious solution of 70 mg L⁻¹ and in *Laelia* those tried with 200 mg L⁻¹ of K and Steiner to 100% these variables were bigger (0.1531 and 0.067 g cm² respectively). The fertilizers foliars had little effect in the content of chlorophylls **a**, **b** and **total** in the plants of *Cattleya* and *Laelia* from the first one to the second sampling. In *C. aurantiaca* the treatments that were better for the

longitude of the stem, floral brotation (and flower diameter), pseudobulbs number (and leaves), vegetative brotation, and flowers were the solution from Steiner to the 100, 50 and 25%, 35 mg L⁻¹ of P and 200 mg L⁻¹ respectively. While for better treatments in the plants of *Laelia* for the longitude of the stem (and number of leaves) it was the solution from Steiner to 100%, for the floral brotation it was that of 100 mg L⁻¹ of K and 35 mg L⁻¹ of P, respectively, for the floral brotation, floral and flower diameter was that of 35 mg L⁻¹ of P and for the greater pseudobulbs number of 100 mg L⁻¹ of K. In the general analysis of the effect of the fertilizers foliars in the plants, *Cattleya* presented bigger longitude, number of buds vegetative and floral, more leaves and flowers, while that *Laelia* had bigger pseudobulbs number and flower diameter. With base to the obtained results you concludes that the plants of orchids yes they need of the fertilization and in the case peculiar of *Cattleya* and *Laelia* the nutrition to foliar was effective; however; given the state fenologic of the plants, the different fertilizers and their concentration, they will be applied depending on the stages and of the nutritional requirements of each species.

Key words: Orchids, leaf anatomy and root, index estomatic, cuticle, vegetative growth, floration.

1. INTRODUCCIÓN

De las 35,000 especies de la familia Orquidaceae que se conocen, aproximadamente 1000 se encuentran distribuidas en la República Mexicana, de las cuales el 35% son endémicas (Hernández, 1992). Desgraciadamente, 260 especies se han incluido en alguna de las categorías de riesgo de extinción establecidas por la International Union for Conservation of Nature (IUCN). Esta cifra representa aproximadamente una cuarta parte de las orquídeas mexicanas (Halbinger, 1993).

Las especies de los géneros de *Cattleya* y *Laelia* se utilizan por los productores de plantas ornamentales para realizar hibridaciones y así obtener características deseables para los consumidores como son: vida postcosecha prolongada, flores más vistosas, de mayor calidad y plantas que se adapten a diferentes condiciones ambientales. A pesar de esto, hasta el momento estas especies no han sido objeto de estudio para su aprovechamiento nacional, aunque representan una fuente importante de ingresos, ya que son muy apreciadas tanto en nuestro país, como en el extranjero por coleccionistas y horticultores (Rivera, 1984); por lo tanto, representan una alternativa para la producción de plantas ornamentales para flor de corte y para maceta (BANCOMEXT, 1994).

Entre los problemas más frecuentes e importantes del cultivo de orquídeas en invernadero destacan los aspectos nutrimentales, debido al desconocimiento del uso y suministro eficiente de los fertilizantes que permitan acelerar el crecimiento vegetativo de las plántulas, obtener una floración temprana y prolongar la vida postcosecha; la fertilización adecuada de estas plantas permite reducir los costos de producción (Kuang y González, 1993). Por otra parte, en el cultivo bajo invernadero es importante el tipo de

sustrato, ya que el crecimiento óptimo y la floración abundante dependen en gran medida de los materiales utilizados (Kuang y González, 1993).

La absorción de nutrimentos en orquídeas a partir de la nutrición foliar, evita que estos nutrimentos se lixivien por los lavados y escurrimientos (Reed y Tukey, 1979), como sucede cuando son aplicados al suelo; en algunas ocasiones, la cantidad de nutrimentos a aplicar es tan pequeña que una aspersión foliar es más eficaz y se prefiere a las aplicaciones al suelo ya que también se evitan problemas de dilución o de fijación (Gray, 1977); la respuesta de la planta a la fertilización foliar es mucho más rápida, ya que se agrega la sustancia directamente al sitio de interés (Boote y Baker 1979)

Para conocer realmente cómo es que funciona la absorción foliar de los nutrimentos en una planta determinada, es necesario conocer tanto la anatomía de la hoja y la raíz así como la distribución y forma de los estomas en la planta; los estudios anatómicos en las Orquidaceas se han realizado con diferentes intenciones como los de propósito estructural, en donde se muestra la descripción anatómica de estructuras vegetativas maduras y/o el desarrollo de las mismas, pero esto sólo se ha realizado en algunos grupos de orquídeas o lo hacen en general para todas (Sushan, 1959; Arditti, 1992).

Para el caso particular de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa* no existe un trabajo anatómico completo y específico, y el conocimiento que se tiene sobre la anatomía foliar y de raíz, así como la densidad estomática de estas especies es insuficiente; por lo tanto, es necesario realizar trabajos sobre la descripción de dichos caracteres para las dos especies con la finalidad de saber si la fertilización foliar puede tener éxito en estas especies.

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

- ❖ Realizar la descripción anatómico-foliar y radical de las especies de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*.
- ❖ Determinar la frecuencia o densidad estomática e índice estomático en hojas de las dos especies.
- ❖ Determinar las diferencias y/o semejanzas en el tamaño, posición y número de estomas en las dos especies objeto de estudio.
- ❖ Evaluar el efecto de la fertilización foliar en plantas de *C. aurantiaca* y *L. speciosa* en condiciones de invernadero.
- ❖ Determinar el efecto de las soluciones nutritivas de Steiner al 100, 50 y 25 % sobre el crecimiento y producción de flores en plantas de las dos especies.
- ❖ Evaluar el efecto de diferentes dosis de N, P y K en soluciones nutritivas foliares sobre el crecimiento y producción de flores en plantas de las dos especies.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2. 1. Aspectos generales de las orquídeas

Las orquídeas, pertenecientes a la familia Orchidaceae, son monocotiledóneas, herbáceas, perennes y fanerógamas que se caracterizan por presentar flores de características únicas. Esto es, cada flor tienen tres sépalos y tres pétalos, con un pétalo modificado (labelo) el cual es una característica distinguible de los demás tipos de flores (Alderete y Carpello, 1988).

El número de especies por las cuales está conformada la familia de las orquídeas, fluctúa entre 17,000 y 35,000 de distribución cosmopolita; el auténtico total posiblemente nunca se sepa pero Hernández (1992) estima este número en 35,000 especies, además de sus híbridos que suman aproximadamente 45,000. La flor de la orquídea es un aliciente para todo floricultor, por lo que no es de extrañar que cada año cerca de 1500 nuevos híbridos incrementen esta apasionante familia botánica (Medina, 1977).

Muchos autores, entre ellos Marden (1990); Strasburger *et al.* (1988) y Weier *et al.* (1983) consideran a este grupo como el más novedoso de las monocotiledóneas, pues presenta grandes adaptaciones y modificaciones morfológicas, tales como: formación de polinios, diferenciación tardía de óvulos, reducción del gametofito femenino y diferentes formas de poliembrionía. Estas modificaciones en raíces, tallos y hojas les permite vivir en diversos ambientes (Kuang y González, 1993).

Las orquídeas son plantas herbáceas terrestres, con mayor frecuencia epífitas; se distribuyen principalmente en los trópicos, con algunos géneros existentes en zonas templadas y frías (Strasburger *et al.*, 1988). Presenta dos diferentes hábitos de crecimiento, el simpodial y el monopodial; el primero, se caracteriza por presentar un tallo o pseudobulbo de crecimiento definido, de la base del cual se origina un nuevo tallo; el monopodial presenta un tallo de crecimiento indefinido (Caneva, 1978).

Los tallos tienen de una a muchas hojas, las cuales son simples, paralelinervas, sésiles, alargadas, radicales o terminales, solitarias o en grupo; generalmente de color verde (Caneva, 1978). Con frecuencia las hojas son más largas que anchas (Alderete y Carpello, 1988).

El éxito de las orquídeas en adaptarse a su hábitat se debe en parte a sus hojas. Donde las condiciones de clima son extremadamente secas en parte del año, las hojas son suculentas y actúan como estructuras de reserva, dejando que las plantas sobrevivan largos períodos de sequía (Alderete y Carpello, 1988).

Otras orquídeas (como brassavalas y vandas) tienen hojas duras y alargadas para aguantar largas horas en el sol, éstas no tienen pseudobulbos porque hay suficiente agua en sus hojas. En contraste, las orquídeas que viven en ambientes sombreados, necesitan hojas con una gran superficie que permiten captar luz suficiente para realizar la fotosíntesis (Williams, 1980).

Existen algunas orquídeas poco conocidas que tienen un alto valor económico no por sus flores, sino por sus hojas, éstas se llaman “orquídeas joya”. Las hojas se caracterizan por presentar una malla de color bronce y bajo éste un color verde oscuro y en otras, verde olivo lo cual contrasta con las venas (Caneva, 1978).

Las flores por lo regular son epíginas, con simetría bilateral (Weberling, 1987), su tamaño varía de pocos milímetros a 25.5 cm de diámetro (Orquídeas, 1980) bi o tricolores, fragantes o inodoras. El perigonio está integrado por dos verticilos, el verticilo interno se ha transformado en un labelo (Weier *et al.*, 1983), que va desde la superficie estigmática hasta el ovario y se caracteriza por presentar una consistencia cerosa. El polen se encuentra limitado por masas largas llamadas polinios, los cuales se adhieren al agente polinizador el cual los retira de la flor (Larson, 1988).

De los estambres, sólo son fértiles los dos laterales del verticilo interno, algunos pueden quedar en forma de estaminodios (estructuras no fértiles similares a estambres); cada saco polínico o media antera posee formaciones accesorias, como el pedicelo y el rostelo (Weier *et al.*, 1983), éste último está situado en el envés de la columna, entre el casco de la antera y la superficie estigmática. Es una glándula formada en la punta del estilo y aparece como una proyección puntiaguda entre el estigma y el casco de la antera (Larson, 1988).

Es propio de las orquídeas el tener insertos los órganos sexuales en un cuerpo denominado ginostemo o columna, el cual termina en un apéndice petaloide que se llama estaminodio. Los estambres fértiles son uno o dos y el polen se aglutina en masas cerosas pequeñas que toman el nombre de polinios (Medina, 1977).

El fruto es una cápsula dehiscente con muchas semillas diminutas; el cual deriva de un ovario ínfero, tricarpelar, generalmente unilocular, con una placentación parietal; el fruto está dividido abajo de la línea media de cada carpelo, las valvas están conectadas por fibras transversales (Dressler, 1981).

Las semillas pesan entre 0.3 y 6.3 microgramos, miden entre 200 y 560 micras de largo por 80 a 129 micras de ancho (Arditti, 1992). Consisten de un embrión

indiferenciado (sin cotiledón, ni endospermo), diminuto y elipsoide, unido a una membrana delgada llamada testa, por medio de varias fibras celulares, rodeado por un gran espacio de aire interior (Arditti, 1967).

Ningún otro grupo de plantas superiores exhibe tanta variedad de estructuras vegetativas, además de la forma, tamaño, color y fragancia de sus flores, mecanismos de polinización y de adaptación ecológica como las orquídeas (Kuang y González, 1993).

Al ser cosmopolitas, las orquídeas pueden crecer en todo el mundo. Pueden encontrarse en bosques, valles, en los polos y aún en las montañas que alcanzan elevaciones por arriba de los 10,000 pies de altura. Un gran número crecen en los trópicos y subtrópicos, algunas otras crecen en los Andes (Caneva, 1978). También crecen en las selvas tropicales y lluviosas en altitudes de 3000 a 9000 pies, con temperaturas de 16 a 21 °C. Se ha encontrado que las mayores concentraciones de orquídeas en el mundo se encuentran en zonas montañosas, en latitudes cercanas a 20 grados del ecuador (Tyson, 1955).

A las orquídeas se les agrupa en tres grandes categorías basándose en el sustrato en el que viven o se desarrollan: epífitas, litófitas y terrestres. Las epífitas viven en árboles y arbustos, lo que en ocasiones provoca que se les catalogue como parásitas, esto es un error, ya que las plantas a través de sus raíces captan la humedad del medio ambiente y colectan materia orgánica (Caneva, 1978).

Se cultivan en trozos de corteza, carbón triturado, tronquitos, madera de helechos arborescentes e incluso piedra volcánica. Hay otras que viven sobre piedras y se les llama rupícolas o litófilas y obtienen con sus raíces humedad y nutrientes de la materia orgánica que la rodea (Alderete y Carpello, 1988), otras son terrestres y existen algunas que son semiacuáticas o semisubterráneas e incluso pueden vivir bajo el suelo

(*Rhizanthella*) (Mora, 1994; Kaiser, 1994; Rivera, 1984; Huerta, 1994; Cabrera, 1995 y Miceli *et al.*, 1995). Hutchinson (1973) las considera como hierbas terrestres, epífitas o saprófitas.

Las plantas epífitas obtienen su alimento del agua de lluvia o bien del vapor de aire, así como sales minerales en partículas de polvo arrastradas por el viento que se depositan en las horcaduras de los árboles, donde se acumula hojarasca que por descomposición conformará el humus donde pueden enraizar (Huerta, 1994). La variedad de condiciones naturales y, por supuesto, la variedad de hábitats, convierte a las orquídeas en un gran atractivo para los aspectos de cultivo.

2. 2. Aspectos anatómicos

La anatomía es el estudio de la forma y estructura interna de los tejidos y órganos vegetales (Stuessy, 1990). Recientemente el interés de los estudios anatómicos se ha encaminado a la interpretación de la anatomía desde un punto de vista funcional y ecológico. Así, la diversidad anatómica muestra aspectos sobre estrategias de sobrevivencia y de adaptación a los distintos hábitats que han desarrollado los miembros de un determinado grupo vegetal (Stuessy, 1990).

Así tenemos que, existe una apreciable diversidad anatómica en la familia orquidaceae a causa del gran número de especies que posee, a su distribución en el mundo y a las muchas adaptaciones a diversas condiciones.

La apariencia y anatomía de las raíces de las orquídeas epífitas varía entre especies y géneros de acuerdo al hábitat en el cual se desarrollan. Las raíces de muchas especies epífitas son raíces adventicias que salen de los nudos del tallo y son bifurcadas. Estas raíces sirven para fijar la planta al árbol y para absorber agua y también elementos nutritivos (Caneva, 1978). Una característica típica de las raíces de las orquídeas epífitas

es la presencia del velamen; éste está constituido por una capa de células esponjosas, las cuales no tienen un periodo largo de vida, poseen paredes parcialmente gruesas; su color es blanco plateado cuando está seco y verde brillante cuando húmedo. Este velamen es una epidermis pluriestratificada (Esau, 1985).

Las hojas de *Cattleya* y *Laelia* son gruesas y suculentas, la cutícula es gruesa y cubre la epidermis, ésta consiste de pequeñas células, debajo de la epidermis pueden observarse capas múltiples de parénquima en empalizada, sus células son alargadas y contienen numerosos cloroplastos, por lo tanto es un tejido fotosintético (Arditti, 1992).

Debajo de la epidermis encontramos los estomas, que son estructuras que consisten en un poro rodeado de dos células guarda. Las células subsidiarias se encuentran próximas a las células guarda y son morfológicamente diferentes a las otras células epidérmicas. El intercambio de gas, la transpiración y salida de bióxido de carbono ocurre a través de los estomas. El número y patrón de distribución varía considerablemente entre géneros y especies, así también, dependiendo de las adaptaciones ecológicas (Arditti, 1992).

2. 3. Aspectos generales de *Laelia speciosa* (H.B.K.) Schltr.

L. speciosa es considerada como una de las plantas más bellas de su género, además de que es representativa del género al que pertenece. Las plantas son epífitas perennes pequeñas de afinidad xerófila. Sus órganos de perennación son los pseudobulbos, éstos, se caracterizan por ser homoblásticos, subglobosos a ovoides (de aproximadamente 6 cm de largo y 0.3 a 5 cm de diámetro), estrechamente agrupados.

Presentan una o raramente dos hojas terminales, lanceoladas, suculentas, coriáceas, de 0.5 a 25 cm de longitud y 0.3 a 5 cm de ancho.

La inflorescencia es de tipo terminal (de 12 a 20 cm), expone de 1 a 2 flores que miden 10 a 15 cm de diámetro, de color rosa-lila, claro hasta oscuro. Los sépalos son lanceolados y los pétalos son del doble de ancho; el labelo es blanco y se halla en el centro con líneas rojas; el lóbulo medio del labelo es casi redondo de color rosa-lila, en los bordes. Cuando la flor es polinizada se constituye en un fruto elipsoide.

El hábito de crecimiento es simpodial, compuesto por una sucesión de brotes similares (pseudobulbos), los cuales se dividen en una región basal-rizomatosa y una erecta. La primera región es de crecimiento mientras que la segunda es un tallo succulento engrosado. El período de floración abarca de mayo a junio (Hernández, 1992; Halbinger, 1993).

2. 3. 1. Clasificación taxonómica

Laelia speciosa es una de las primeras orquídeas mexicanas citadas en la literatura científica. En México, es conocida comúnmente con los nombres de "flor de mayo", "flor grande", "Tlacuxóchitl", "Deantaza", "Itzamahua" y "Chichilticpetzacuxochitl" (Hernández, 1992; Halbinger, 1993).

Actualmente, esta orquídea es conocida como *Laelia speciosa*, cuyo nombre se debe a Rudolf Schlechter en 1914 (Halbinger, 1993). La sistemática del género *Laelia* ha sido revisada por Schlechter y entre muchas es la clasificación más importante, éste ubica a las especies de México y Centroamérica en tres secciones: 1) Calolaelia, con *Laelia superbiens*. 2) [Eu]Laelia, con *Laelia speciosa*. 3) Podolaelia, con siete especies: *L. albida*, *L. anceps*, *L. autumnalis*, *L. furfuracea*, *L. gouldiana*, *L. peduncularis* y *L. rubescen* (Halbinger, 1993).

Cronquist (1981) y Dressler (1993) proponen la siguiente clasificación taxonómica para la especie *Laelia speciosa*: División: Spermatophyta, Subdivisión: angiospermae,

Clase: Liliopsida, Subclase: Liliidae, Orden: Orchidales, Familia: Orchidaceae, Subfamilia: Epidendroideae, Tribu: Epidendreae.

2. 4. Aspectos generales de *Cattleya aurantiaca* Batem. Ex Lindl.

Las plantas son de crecimiento simpodial, con rizomas de 1 cm de largo entre los pseudobulbos, éstos son alargados con ocho líneas longitudinales, dividido en cuatro partes; transversalmente mide de 12 a 13 cm de largo y de 1 a 2 cm de ancho; en su etapa de crecimiento se encuentra envuelto por varias brácteas secas. Las hojas se presentan de 2 a 3, son coriáceas, lisas, elípticas, que emergen del ápice, colocadas dísticamente, miden de 5 a 7.5 cm de largo y de 2.5 a 3 cm de ancho. La inflorescencia es apical en racimo, mide de 9 a 15 cm de largo. La flor es anaranjada y mide de 1.5 a 2 cm de largo, 1 cm de ancho. Sobre la parte central del labelo se observan pequeñas estrías rojizas. Cuando la flor es polinizada se constituye en una cápsula elipsoide (Halbinger, 1993).

Son plantas epífitas cuya época de floración comprende de octubre a diciembre. Esta especie es reportada por la SEDUE (1991) como amenazada, lo que implica una necesidad de proteger su hábitat.

2.4. 1. Clasificación taxonómica

Cronquist (1981) y Dressler (1993) proponen la siguiente clasificación taxonómica para la especie *Cattleya aurantiaca*: División: Spermatophyta, Subdivisión: Angiospermae, Clase: Liliopsida, Subclase: Liliidae, Orden: Orchidales, Familia: Orchidaceae, Subfamilia: Epidendroideae, Tribu: Epidendreae.

2. 5. Fisiología de la nutrición en orquídeas

La razón por la cual se empezó a cultivar a las orquídeas en invernadero realmente no se sabe, quizás el motivo fue en un principio por sus propiedades medicinales o

meramente por su valor estético. Desafortunadamente, los primeros trabajos de propagación de estas plantas fueron infructuosos debido al poco conocimiento que se tenía de los requerimientos para su propagación. Uno de los principales factores en los cuales recayó el fracaso fue el concerniente a la humedad en el ambiente, a causa de la carencia de un alto porcentaje de la humedad relativa miles de orquídeas murieron (Kuang y González, 1993).

El atractivo tanto comercial como estético que tienen las plantas ornamentales capta la atención de los productores, y el cultivo de éstas se convierte en una actividad social económicamente atractiva, porque propicia la generación de empleos y divisas sin requerir de grandes superficies de tierra (BANCOMEXT, 1994).

En últimas fechas numerosos productores tienen gran interés en obtener plantas de orquídeas, por tal motivo, muchas de las orquídeas se han vuelto tremendamente populares para los comerciantes, como resultado muchas especies se encuentran en peligro de extinción (Hoshi *et al.*, 1994).

Los propagadores de orquídeas del pasado tenían la idea de que la fertilización era perjudicial para las plantas; sin embargo, las orquídeas como todos los miembros del reino vegetal, necesitan algún tipo de nutriente y la mejor práctica es fertilizar mediante el agua de riego (Hew, *et al.*, 1993).

En los suelos, los nutrientes están disponibles por intercambio y absorción por la planta siempre y cuando el agua no sea limitante. Los nutrientes no absorbidos pueden generalmente estar disponibles después de un tiempo cuando la lixiviación de nutrientes es relativamente lenta. El establecimiento de relaciones micorrízicas en muchas plantas juega un papel en la absorción de nutrientes. Similarmente, la quelatación de los metales

por compuestos orgánicos en el humus del suelo previenen la precipitación de algunos minerales y facilitan la absorción por las raíces (Poole y Sheehan, 1982).

El crecimiento de las orquídeas en las ramas de los árboles en un bosque tropical es único y presenta problemas especiales con respecto a la disponibilidad de nutrientes y agua. La planta se sitúa en la rama de los árboles de una manera que permita al agua de lluvia caer sobre éstas y sus raíces (Tyson, 1955).

Las raíces proveen de soporte a las plantas así como una red extensiva para la absorción de agua, asimismo como para su penetración en la corteza o simplemente para sujetarse ellas mismas. Así entonces, las raíces de las orquídeas sirven para la absorción de agua por la existencia de una cubierta carnosa llamada velamen que actúa como una esponja (Goh y Kluge, 1989).

Pequeños pelos en las raíces reducen la superficie de tensión y propagan el agua goteándola a través de su superficie. Una ligera precipitación o una pesada condensación de la neblina o rocío proveen humedad, la cual está disponible para la absorción durante varias horas, y el velamen húmedo actúa como un reservorio de agua en las secas; después éste puede volver a absorber agua (humedad) (Goh y Kluge, 1989).

Normalmente el humus es colectado entre los rizomas, raíces y hojas de las plantas de orquídeas. Esta materia orgánica se moja fácilmente y actúa como otro reservorio de humedad y también protege a las raíces de las orquídeas de secarse rápidamente (Tyson, 1955).

La humedad de la superficie de las hojas puede ser una fuente significativa de agua para algunas plantas que viven en lugares muy secos y que tienen que adaptarse a esas condiciones. Cuando el agua está disponible, los nutrientes son absorbidos y el crecimiento de la planta es óptimo. Cuando el agua no está disponible por períodos

prolongados de tiempo, el crecimiento es inhibido. El crecimiento de la planta generalmente es continuo cuando el suplemento de agua y nutrientes es satisfactorio (Poole y Sheehan, 1982).

Las fuentes de nutrientes son muchas, pero frecuentemente están pobremente documentadas. Los embriones de las orquídeas dependen del hongo micorrízico que les proporciona azúcares y posiblemente otros nutrientes, esta relación simbiótica se mantiene durante todo el ciclo de vida de la planta de orquídea (Tyson, 1955; Poole y Sheehan, 1982).

La atmósfera es una excelente fuente de nitratos especialmente durante las tormentas eléctricas. El agua que 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 es, probablemente la lenta descomposición de la materia orgánica (proveniente de la flora y la fauna) que se acumula en las ramas de los árboles y entre la corteza, raíces, rizomas y hojas de las plantas (Tyson, 1955).

Este humus, el cual también suministra humedad a las raíces, está compuesto de corteza, hojas, frutos, carroña, excremento, huesos y liquen que contiene gran cantidad de nutrientes. Muchos de estos nutrientes son parte de compuestos orgánicos y por lo tanto no hay una pérdida por oxidación o lixiviación (Goh y Kluge, 1989; Tyson, 1955).

Aún el conocimiento sobre la fisiología de las orquídeas es limitado y es por ello que muchos de los productores tienen la idea errónea de que las orquídeas epífitas al crecer en un medio tradicional: compuesto por fibra osmunda y musgo *Spangnum* rara

vez responden a la aplicación inusual de nutrientes. Creen que este medio provee muchos de los requerimientos para un crecimiento aceptable. Los nutrientes líquidos, si se aplican, tienen que ser probablemente diluidos y por lo tanto dispersados rápidamente a través del medio poroso y pueden perderse por lixiviación (Poole y Sheehan, 1982).

Las compañías productoras de agroquímicos, en México, ofrecen como una alternativa de fertilización, ciertos fertilizantes foliares con indicaciones de uso mínimas, que se pueden utilizar para una amplia gama de cultivos. El empleo de estos fertilizantes ha provocado escasas y controvertidas respuestas en diferentes cultivos en distintos tipos de suelos, que pueden evidenciar que existe una urgente necesidad de generar conocimientos para formular y aplicar fertilizantes foliares en diferentes cultivos y estudiar las bases teóricas de su utilidad y penetración (Lowdermilk, 1995).

Entre los problemas más frecuentes e importantes del cultivo en invernadero de plantas de orquídeas 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, aumentando 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 dependen en gran medida de los materiales utilizados (Smith, 1988).

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

Un fertilizante balanceado en nitrógeno, fósforo y potasio 18-18-18, disuelto en agua a razón de 1 g L⁻¹ y aplicado durante 11 semanas, a mediados de la primavera e inicio del invierno y un fertilizante con niveles altos de nitrógeno para el resto del año 30-10-10, el cual coincide con la brotación, provee un suplemento eficiente de nutrimentos para proporcionar una exuberante floración de las plantas de orquídeas (Fanfani y Rossi, 1989).

La absorción de nutrimentos en orquídeas mediante la nutrición foliar, evita que estos nutrimentos se pierdan debido a los lavados y escurrimientos (Reed y Tukey, 1979); si éstos se aplican al suelo en algunas ocasiones la cantidad de nutrimentos a aplicar es tan pequeña que una aspersión foliar es más eficaz y se prefiere a las aplicaciones al suelo ya que se evitan problemas de dilución o de fijación (Gray, 1977), la respuesta de la planta por medio de la fertilización foliar es mucho más rápida, ya que se agrega la sustancia directamente al sitio de interés (Boote *et al.*, 1979)

Se ha observado que un cultivo *in vitro* de plántulas de *Laelia cinnabarina*, en un medio en el cual se excluyeron el N, P, Ca y S, se presentó un decremento en la acumulación de N, P, Ca y S que trajo consigo la reducción drástica del crecimiento de las plántulas, causando un decremento en la acumulación de materia seca y en cambio se obtuvo mayor acumulación de materia seca cuando el medio contenía todos los macro y micronutrientes (Stancato y Faria, 1996).

También Hew *et al.* (1996), examinaron el contenido de carbohidratos y cambios en los contenidos de minerales en pseudobulbos de *Oncidium goldiana* en diferentes etapas del crecimiento y encontraron que, la acumulación final de nitrógeno, P y K ocurrió solamente durante el periodo de desarrollo del pseudobulbo.

El contenido total de carbohidratos no estructurales (TNC) en pseudobulbos de los brotes de reciente formación fue siempre inferior al contenido de los pseudobulbos de los brotes adultos. La inflorescencia y los brotes axilares se derivaron de la punta basal de los pseudobulbos de los brotes corrientes. Esta observación, se acopla con las variaciones en el contenido de TNC, y refleja la importancia relativa de los brotes maduros en el desarrollo tanto de inflorescencias como de brotes axilares. La acumulación activa de los nutrientes minerales y carbohidratos durante el desarrollo de los pseudobulbos constituye una fuente importante de reservas para el subsecuente desarrollo de las nuevas inflorescencias y brotes (Hew *et al.*, 1996).

Por lo tanto, es de suponer que las plantas de orquídea, especialmente las epífitas, tienen diversos requerimientos nutrimentales y se necesita no sólo de su conocimiento, sino también de su manejo adecuado para lograr cultivos exitosos (Hagsater, 1974).

En México existe interés por conocer y cultivar las orquídeas; sin embargo, no se ha podido conocer hasta ahora el total de especies que prosperan en nuestro país. Existen estados que no han sido explorados o se han realizado pocas colectas en ellos (Alderete y Carpello, 1988).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Obtención del material biológico

Las plantas de *Cattleya aurantiaca* se adquirieron en los invernaderos “Orquídeas Río Verde”, en Valle de Bravo, Edo. de México. Las de *Laelia speciosa*, se colectaron en Coenembo, Michoacán; en su hábitat natural, en un bosque de pino-encino. Las plantas de la primera especie median entre 16 y 19 cm, tenían de 4 a 6 pseudobulbos, y de 4 a 6 hojas. Las de la segunda especie median entre 10 y 16 cm, tenían de 7 a 15 pseudobulbos y de 2 a 4 hojas.

3.2. Anatomía de hoja y raíz de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*

3.2.1. Cortes de hoja y raíz

Se colectaron 3 hojas de reciente madurez y totalmente extendidas de plantas de *Cattleya* y *Laelia*, y se realizaron cortes transversales en la parte media de éstas. Así mismo, se realizaron cortes de raíz para lo cual se muestrearon dos raíces aéreas por especie y se procesaron mediante microtecnia convencional.

3.3. Microtecnia

3.3.1. Fijación

Para la fijación de las hojas y raíces se usaron aproximadamente cinco partes de FAA [50% de etanol al 96% + 5% de ácido acético glacial + 10% de formalina (formaldehído al 37%) + 35% agua] por una parte de tejido vegetal, el cual permaneció en él por un período aproximado de un mes. Posteriormente, el tejido se lavó con agua corriente durante 4 horas; luego se colocaron en alcohol etílico al 50% y 70% (cuatro

horas en cada caso) y luego se colocaron en **GAA** (25% glicerol + 50% 2-propanol + 0.002 % eosina + 2.5 % agua), hasta continuar con el procesamiento.

3. 3. 2. Deshidratación y transparentación

La deshidratación y transparentación de las hojas y raíces se realizó en un cambiador automático (histokinette), usando etanol al 50%, 70%, 96% y 100%; con dos cambios; etanol:xileno 1:1 y xileno 100 % (tres cambios). En cada sustancia el tejido permaneció 4 horas.

3. 3. 3. Inclusión en parafina

Los cortes fueron llevados a parafina fundida (dos cambios) y se mantuvieron por lo menos 12 horas en cada cambio. Posteriormente, los tejidos se colocaron en pequeñas bandejas de aluminio con parafina fundida, los cuales se orientaron en el plano deseado.

Una vez solidificada la parafina se extrajeron los bloques y se conservaron en un lugar fresco.

3. 3. 4. Corte y montaje

Se cortaron pequeños trozos de parafina, en donde cada trozo contenía el tejido en cuestión. Después los trozos se montaron sobre pequeñas bases de madera, para realizar cortes anatómicos de 10 µm de grosor (para cortes de hoja en las dos especies) y de 20 y 35 µm (para cortes de raíz de *Laelia speciosa* y *Cattleya aurantiaca*, respectivamente); para ello se utilizó un microtomo rotatorio.

Una vez obtenidas las cintas en serie se seleccionaron los cortes de interés, los cuales se montaron sobre portaobjetos con adhesivo de Haupt (Johansen, 1940) [1 % gelatina + 2 % fenol, en agua] y unas gotas de formaldehído al 10%, el cual permitió facilitar el montaje. El tejido se extendió en una platina a 55 °C los portaobjetos se

dejaron escurrir durante 12 horas y después se colocaron sobre la platina a 55°C por un período de 24 horas, para adherir mejor el tejido al portaobjetos.

3. 3. 5. Remoción de la parafina

La parafina se removió del tejido colocando los cortes en tres cambios de xileno al 100% (3 minutos en cada cambio), luego, se hidrataron parcialmente pasando los cortes a 2-propanol al 100%, 96%, 70% y 50%, con duración de tres minutos en cada concentración.

3. 3. 6. Tinción con safranina y verde fijo

Los cortes desparafinados y parcialmente hidratados se colocaron en safranina (0.05% de safranina en etanol al 50%) durante 1½ o dos min.

Posteriormente los cortes se lavaron con agua corriente y luego se deshidrataron pasándolos a concentraciones diferentes de etanol (50%, 70%, 96% y 100%) con duración de tres minutos en cada concentración.

Para la tinción con verde fijo (0.12% de fast green en etanol al 96%) los cortes se colocaron en este colorante y después en etanol al 100% y, posteriormente se dieron tres cambios de xileno al 100% (tres minutos en cada cambio). Finalmente, los tejidos se montaron en bálsamo de Canadá de manera permanente.

3. 3. 7. Observación de los cortes en el microscopio

Todas las observaciones se llevaron a cabo en un microscopio de luz transmitida Axioestar Zeiss.

3. 3. 8. Tinción para la identificación de cutículas

Para la tinción de la cutícula de las hojas de *Cattleya* y de *Laelia* se utilizaron cortes del material incluido y desparafinado de la manera anteriormente descrita. Los cortes desparafinados y parcialmente hidratados se colocaron en Rojo O de Aceite al

0.05% durante 2 ½ h. Finalmente, los tejidos se montaron en bálsamo de Canadá de manera permanente.

Para medir el grosor de la cutícula se observaron 3 preparaciones (dos campos por preparación) de cada especie y se realizaron mediciones de ésta con un microscopio óptico Carl Zeiss, equipado con un micrómetro ocular, las observaciones se realizaron con el objetivo 40x. Las mediciones se hicieron considerando tanto la parte abaxial como la adaxial de cada especie. Finalmente, el cálculo del grosor se hizo, multiplicando cada uno de los datos por un factor de corrección previamente calculado (2.04 µm).

3. 4. Frecuencia estomática e índice estomático

3. 4. 1. Toma de muestras

Para el estudio de la frecuencia de estomas e índice estomático, se consideraron siete plantas tomadas al azar de cada especie, se tomaron 2 impresiones de los estomas de la parte media de cada una de las hojas completamente desarrolladas y expandidas o de reciente madurez de *Laelia speciosa* y *Catteya aurantiaca* tanto de la superficie adaxial como de la abaxial.

Para la obtención de las réplicas de las superficies foliares se utilizó el procedimiento propuesto por (Witham, *et al.*, 1971; Weyers y Meidner, 1990); para lo cual se tomaron impresiones de cada una de las superficies de las hojas (abaxial y adaxial), con una mezcla hecha de silicón (marca "Exactoden") y endurecedor. Una vez seca la pasta en las hojas, se retiró la impresión negativa; después a esta impresión se le colocó una capa de barniz transparente para uñas y se dejó secar unos minutos. Después se retiró esta capa de barniz y se tuvo la impresión positiva, posteriormente la película se colocó en un porta objetos y se cubrió con un cubreobjetos, alrededor se puso una capa

de barniz para uñas para sellar la preparación y se dejó secar; una vez seca la preparación, se hicieron las observaciones en un microscopio óptico.

A su vez se realizaron impresiones de los estomas de las hojas de las dos especies tanto en la parte abaxial como en la adaxial directamente con barniz de uñas; para comprobar la efectividad de las dos técnicas.

3. 4. 2. Número de células estomáticas y epidérmicas

Las células estomáticas y epidérmicas de las dos caras de las hojas de *Laelia speciosa* y *Cattleya aurantiaca* se observaron con el objetivo de 40x/0.65 y cuantificaron en un microscopio de luz transmitida; se observaron diez campos microscópicos de cada una de las preparaciones (cinco preparaciones para cada especie) obtenidas, con una selección aleatoria de campos. Para realizar lo anterior, se utilizó un microscopio compuesto de luz transmitida Carl Zeiss. En cada uno de los diez campos que se observaron se registró el total de complejos estomáticos (células oclusivas) así como el total de células epidérmicas presentes. El conteo se realizó con la ayuda de un contador manual.

3. 4. 3. Frecuencia estomática e índice estomático

Con los datos obtenidos de las observaciones microscópicas se hizo la estimación de la frecuencia estomática (FES), frecuencia de células epidérmicas (FCEPI) e índice estomático (IE), calculando este último con la fórmula propuesta por Salisbury y Ross (1994).

$$IE = \left(\frac{FEST}{FEST + FCEPI} \right) \times 100$$

Donde:

IE= Índice estomático

FEST= Frecuencia estomática

FCEPI= Frecuencia de las células epidérmicas

3. 4. 4. Tamaño de estomas

Para medir el tamaño de los estomas se observaron 25 estomas (5 preparaciones, 5 campos aleatorios por cada preparación) de *Cattleya* y *Laelia*, se hicieron mediciones del largo y ancho de los estomas con un microscopio óptico Carl Zeiss, equipado con un micrómetro ocular, las observaciones se realizaron con el objetivo 40x. Las mediciones se hicieron considerando las células oclusivas tanto en su longitud como en su ancho. Finalmente los datos obtenidos se convirtieron a micrómetros, esto se hizo multiplicando cada uno de los datos por un factor de corrección previamente calculado (2.04 μm).

3. 5. Análisis nutrimental inicial (9 de agosto del 2000)

Se recolectaron 3 plantas de *Laelia speciosa* para el análisis nutrimental en el laboratorio. Se tomaron muestras de sustrato (corteza) en el cual viven las plantas, para su posterior análisis nutrimental en el laboratorio. Las muestras de sustrato se colocaron en bolsas de plástico y las plantas en bolsas de papel, para llevarlas al laboratorio. También se muestrearon 3 plantas de *Cattleya aurantiaca* procedentes de los invernaderos “Orquídeas Río Verde”.

Una vez en el laboratorio se realizó un análisis nutrimental de hojas, raíces y pseudobulbos de las dos especies de orquídeas, los elementos que se cuantificaron fueron: N (total), P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y B.

Para esto se realizó un muestreo de hojas de cada especie. Cada muestra estuvo constituida por cuatro hojas de reciente madurez por especie. En el laboratorio las muestras se lavaron con agua de la llave y posteriormente con agua destilada en dos

ocasiones, para luego colocarlas en bolsas de papel con perforaciones y meterlas en una estufa con aire circulante a temperatura constante de 65 °C durante 72 horas, ya secas las muestra, éstas se molieron en un molino de acero inoxidable con malla del número 40.

Para la determinación de N, se usó 0.1 g de muestra seca que se sometió a digestión húmeda con mezcla de ácidos sulfúrico y salicílico. La determinación del contenido de nitrógeno se hizo por el método de microkjeldahl (Chapman y Pratt, 1973). Para la evaluación de P, K, Ca, Mg, Fe, Zn y Mn se utilizaron 0.5 g de material vegetal seco que se sometió a digestión húmeda con ácidos nítrico, perclórico y sulfúrico. El contenido de P se determinó por el método de molibdovanadato amarillo (Chapman y Pratt, 1973) leyendo la absorbancia a 470 nm en un espectrofotómetro Spectronic 20 de Bausch & Lomb. El contenido de K se determinó por flamometría (Chapman y Pratt, 1973), para lo cual se usó un fotómetro de llama Corning 400. Las concentraciones de Ca, Mg Fe, Zn y Mn se determinaron por espectrofotometría de absorción atómica, leyendo en un espectrofotómetro Spectronic Pye Unicam Mod. 989 Solar. Para la cuantificación de B se usaron 0.2 g de muestra seca los cuales se sometieron a digestión a 550°C hasta cenizas blanco-grisáceas. La determinación se hizo por el método colorimétrico de azometina-H, leyendo la absorbancia a 540 nm en un espectrofotómetro Spectronic 21D Milton Roy.

En todos los casos las concentraciones (% ó mg kg⁻¹) se calcularon en base a peso seco.

Con los datos obtenidos de este análisis se realizó un análisis de varianza con un diseño completamente al azar y uno factorial y una prueba de comparación de medias de Tukey con $p=0.05$.

3. 6. Tratamientos de fertilización foliar

3. 6. 1. Diseño de tratamientos y diseño experimental

Se trabajó con 130 plantas (70 de *Laelia* y 60 de *Cattleya*) y se utilizó un modelo completamente al azar de diez tratamientos con 7 repeticiones para *Laelia speciosa* y de diez tratamientos con 6 repeticiones para *Cattleya aurantiaca* (Cuadro 1).

Cuadro 1. Diseño de tratamientos de la dosis de fertilización en plantas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*

Dosis	TRATAMIENTOS	<i>C. aurantiaca</i>	<i>L. speciosa</i>
		REPETICIONES	
1ra	100 % Steiner	1°: 6 ^a	1°: 7 ^b
2da	50 % Steiner	2°: 6	2°: 7
3ra	25 % Steiner	3°: 6	3°: 7
4ta	200 mg L ⁻¹ de N	4°: 6	4°: 7
5ta	100 mg L ⁻¹ de N	5°: 6	5°: 7
6ta	200 mg L ⁻¹ de K	6°: 6	6°: 7
7ma	100 mg L ⁻¹ de K	7°: 6	7°: 7
8va	75 mg L ⁻¹ de P	8°: 6	8°: 7
9na	35 mg L ⁻¹ de P	9°: 6	9°: 7
10ma	Testigo	10°: 6	10°: 7

^{a y b} Número de Plántas para cada tratamiento

Todas las plantas se cultivaron en tezontle como sustrato, y la composición de las soluciones nutritivas se presenta en los Cuadros 2 y 3.

Cuadro 2. Composición de la solución de Steiner

Químico	Fórmula	Steiner 100% (mg L ⁻¹)	Steiner 50% (mg L ⁻¹)	Steiner 5% (mg L ⁻¹)
Nitrato de Potasio	KNO ₃	281	140.5	70.25
Nitrato de calcio	Ca(NO ₃).4H ₂ O	1024	512	256
Sulfato de magnesio	MgSO ₄ .7H ₂ O	498	249	124.5
Ortofosfato de potasio	H ₃ PO ₄	117.53	58.76	29.38
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄	344.23	172.115	86.057
Hidróxido de potasio	KOH	23	11.5	5.75
Sulfato de fierro	FeSO ₄ .7H ₂ O	6.62	3.31	1.655
Sulfato de manganeso	MnSO ₄ .4H ₂ O	2.5	1.25	0.625
Ácido bórico	H ₃ BO ₃	2.5	1.25	0.625
Sulfato de zinc	ZnSO ₄ .7H ₂ O	0.5	0.25	0.125
Sulfato de cobre	CuSO ₄ .5H ₂ O	0.08	0.04	0.02
Molibdeno	NH ₄ Mo ₇ O ₂₄ .4 H ₂ O	0.088	0.044	0.022

Tomado de FAO, 1990.

Cuadro 3. Composición de los fertilizantes foliares formulados a base de N, P y K.

	Químico	Fórmula	(mg L⁻¹)
200 mg L⁻¹ N	Urea	NH ₂ CONH ₂	434.78
100 mg L⁻¹ N			217.39
200 mg L⁻¹ K	½ Cloruro de K + ½	½ KCl + ½ K ₂ SO ₄	200.7 KCl+240.9 K ₂ SO ₄
100 mg L⁻¹ K	Sulfato de K		100.3 KCl+120.4 K ₂ SO ₄
70 mg L⁻¹ P	Ác. fosfórico	H ₃ PO ₄	262
35 mg L⁻¹ P			131

3. 7. Riego y fertilización

El riego se hizo manualmente, la cantidad y la periodicidad fue en base a las necesidades hídricas y desarrollo de las plantas, siendo de septiembre a noviembre se regó cada 20 días y de enero a mediados de marzo las plantas se regaron cada 15 días, y de marzo a junio el riego se realizó cada semana. Antes de la aplicación del fertilizante las plantas se regaron (con agua corriente de la llave) por un periodo de 15 días cada tercer día, después de este tiempo, el fertilizante se aplicó cada semana (en el periodo de septiembre a diciembre del 2000). Para la aplicación de las soluciones nutritivas se utilizó un aspersor manual, asperjando tanto en el lado abaxial como adaxial de las hojas y hasta punto de goteo (en el periodo de enero a junio del 2001 cada quince días). El fertilizante foliar se empezó a aplicar el 16 de septiembre del 2000.

3. 8. Ubicación del experimento

El presente trabajo se llevó a cabo durante el período de septiembre del 2000 a junio del 2001, en un invernadero ubicado en Xochimilco, en el pueblo de San Gregorio, D.F.

3. 9. Condiciones de crecimiento

El experimento se realizó bajo condiciones semicontroladas, esto es; para el control del período de luz y oscuridad se utilizaron plásticos oscuros y transparentes (esto se hizo de acuerdo a las observaciones visuales de los requerimientos de las plantas

de luz y oscuridad) y la temperatura se registró por medio de termómetros manuales de máximos y mínimos, durante todo el experimento. Además se midió el porcentaje de humedad relativa con un higrómetro. Se mantuvo una temperatura máxima de 32- 35 °C, mínima de 6-12 °C y un porcentaje de humedad relativa de 53-70% (en el período de septiembre a noviembre del 2000), de 29-40 °C máxima, mínima de 1-10 °C, y un porcentaje de humedad relativa de 43-60% (en el período de noviembre a marzo), y de 26-36 °C como temperatura máxima, de -2 a 8 °C como mínima y humedad relativa de 40-69 % (en el período de marzo a junio del 2001). Esta humedad se controló regando el suelo del invernadero (tezontle), dependiendo de las condiciones ambientales.

Las variables evaluadas a partir de los tratamientos fueron: área foliar, peso específico, contenido de clorofila, altura de planta, número de hojas, número de pseudobulbos, número brotes vegetativos, número de flores, diámetro de flor y contenido nutrimental.

3. 10. Área foliar

Para la evaluación de este parámetro se utilizaron 10 plantas y 4 hojas por planta para de cada especie, el muestreo se hizo cuando el experimento tenían quince días de establecido (30 de septiembre de 2000) en el invernadero en Xochimilco y las plantas estaban en estado vegetativo, las mediciones se realizaron con un integrador de área foliar (VM4512 marca Sanyo).

3. 11. Peso específico

Se arrancó una hoja de reciente madurez al azar de cada tratamiento y con un sacabocados se sacaron 5 y 4 (cuando la hoja era muy pequeña) rodajas por hoja, después de cada tratamiento se midió el diámetro de las rodajas con un Bernier (para calcular el área de la rodaja) y se pesaron para obtener el peso fresco. Posteriormente, las

rodajas de cada tratamiento se pusieron en bolsas de papel y se colocaron en una estufa a 60 °C durante 3 días, para obtener el peso seco. Para obtener el peso específico se utilizó la siguiente fórmula:

$$PE = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Area foliar}}$$

El primer muestreo se realizó a los 23 días de aplicados los tratamientos (9 de octubre del 2000) y las plantas de las dos especies estaban en estado vegetativo; un muestreo final se hizo el 28 de junio del 2001 cuando las plantas de *Cattleya* tenían un segundo período de brotación vegetativa y, las de *Laelia* estaban en una etapa reproductiva.

3. 12. Contenido de clorofila

Se determinó el contenido de clorofila **a** (**Ca**), clorofila **b** (**Cb**) y clorofila total (**CT**) como lo sugiere la AOAC (1980) y con la técnica descrita por Witham *et al.* (1971). El procedimiento fue el siguiente: de cada tratamiento se cortó una hoja de reciente madurez y se pesó 1 g de tejido fresco, se cortó en pedazos pequeños y se puso en un frasco con 3 ml de acetona al 80 % v/v, los frascos se pusieron en el refrigerador por 12 horas. Posteriormente, se maceró el tejido en un mortero con los 3 ml de acetona, después se transfirió el líquido verde decantado a un embudo con papel filtro. Se siguió macerando el tejido hasta el punto en el cual ya no existiese color verde en los trozos de las hojas. Finalmente se aforó a 20 ml con acetona al 80% para obtener el volumen final y determinar la absorbancia a 645 y 663 nm en un espectrofotómetro (Sprectonic 21 D de Bauch & Lomb).

La cantidad de clorofila presente en el extracto (en miligramos de clorofila por gramo de tejido) se calculó con las siguientes ecuaciones:

mg **clorofila a**/g de tejido = $[12.7 (D663) - 2.69 (D645)] \times V / (1000 \times W)$

mg **clorofila b**/g de tejido = $[22.9 (D645) - 4.68 (D663)] \times V / (1000 \times W)$

mg **clorofila total**/g de tejido = $[20.2 (D645) + 8.02 (D663)] \times V / (1000 \times W)$

Al igual que en las variables anteriores, se realizó una cuantificación de clorofilas inicial (9 de octubre del 2000) y posteriormente cuando se concluyó el experimento (28 de junio del 2001).

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza con un diseño completamente al azar y uno factorial, además de la prueba de comparación de medias de Tukey con $p=0.05$.

3. 13. Crecimiento vegetativo, floración y contenido nutrimental final

(28 de junio del 2000)

Antes de realizar la fertilización foliar, se tomaron de cada una de las 130 plantas antes mencionadas los registros de las siguientes variables: altura de la planta (a partir de la base del pseudobulbo), número de hojas y longitud de estas, , número de pseudobulbos, número de brotes vegetativos, número de brotes florales y número de flores (cuando estos estuvieron presentes). Después de la primera fertilización, cada quince días se realizó el registro de estas variables hasta concluir el experimento, se realizó un análisis nutrimental final en hojas (28 de junio de 2001. Utilizando para ello la metodología antes descrita.

Con los datos obtenidos se realizó un análisis de varianza con un diseño completamente al azar y uno factorial y la prueba de comparación de medias de Tukey con $p=0.05$.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Anatomía de hoja y raíz de *Laelia speciosa* y *Cattleya aurantiaca*.

4.1.2. Anatomía de raíz de *Laelia speciosa*

En los cortes transversales de raíz aérea se observó que está compuesta primeramente por una serie de entre 5 a 7 capas de células de forma irregular, alargadas radialmente y de tamaño desigual, de paredes delgadas (las cuales se tiñeron de verde), esta serie de capas constituyen el velamen de la raíz (Figura 1A), que es un tejido esponjoso cuya función principal es la de almacenar agua, facilitar el intercambio gaseoso y dar protección. Estas observaciones coinciden con Esau (1985), quién menciona que el velamen de las raíces de las orquídeas epífitas es una epidermis pluriestratificada o rizodermis.

Hacia el interior del velamen se encontró el cortex, el cual consiste de exodermis y endodermis. La exodermis está formada por una capa de células de paredes gruesas, las cuales se tiñeron de rojo (lo que indica que tienen lignina), estas células son de forma rectangular y de desigual tamaño (largas y cortas) (Figura 1B), las células grandes mueren cuando maduran y tienen paredes muy gruesas, lignificadas y/o suberizadas (Arditti, 1992). En contraste las células cortas están vivas y tienen paredes relativamente delgadas, se tiñen de verde, tienen protoplasma denso y núcleos prominentes, a estas células se les llama células de pasaje, tilosomas o de transfusión.

Los tilosomas son células de transfusión que se ubican entre las células de la exodermis, de diferente tamaño y de paredes delgadas que se tiñen de verde, de igual forma que las primeras. La función de los tilosomas no es clara, algunos autores

mencionan que son estructuras almacenadoras de agua, previenen de la desecación a los tejidos subyacentes y que son células transpiratorias o de aireación; pero hasta hoy en día no se sabe a ciencia cierta qué función desempeñan en las raíces de las orquídeas (Pridgeon, 1983).

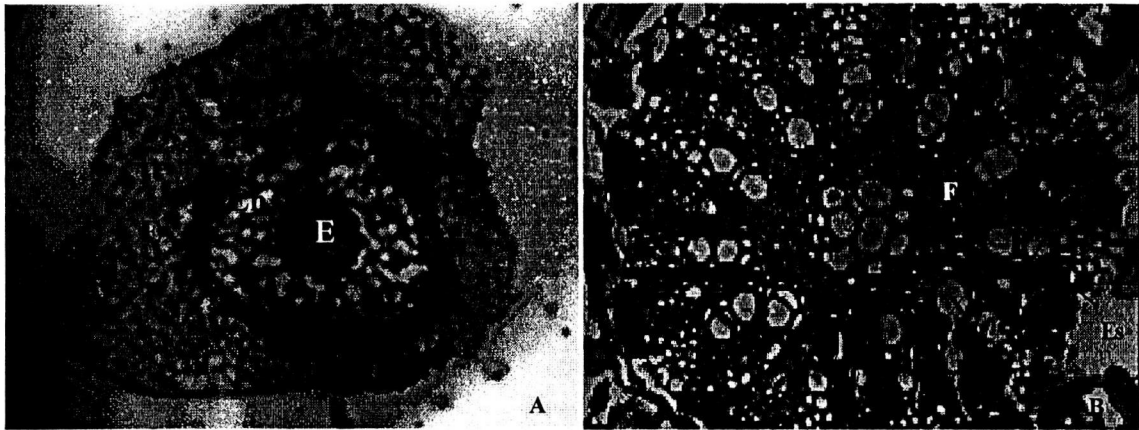


Figura 1. Corte transversal de raíz de *L. speciosa*. A, se observan las células del velamen (V), exodermis (Ex), periciclo (P), endodermis (En) y estele (E). B, estele (Es), células del xilema (X) y floema (F).

Posterior a la exodermis se encontró una serie de 5 a 6 capas de células correspondientes a la porción parenquimatosas del cortex, de paredes delgadas de diferente tamaño y forma, aunque la mayoría son redondas (Figura 1B), en estas células se pueden encontrar bultos de cristales solitarios compuestos quizás por oxalato de calcio. En algunas de estas células se puede observar mucílago.

Debajo de la endodermis se observó una capa de células de forma hexagonal de diferente tamaño, las cuales constituyen al periciclo uniestratificado. Después se observa al cilindro vascular o estela, el cual está constituido por el xilema, floema y médula; el floema radical se presenta en forma de cordones distribuidos cerca de la periferia del cilindro vascular, por debajo del periciclo y es poliarca, el xilema se encuentra formando cordones discretos que alternan con los cordones floemáticos (Figura 1B), pero también

se observa que el xilema ocupa además el centro, o posiblemente este xilema no se diferencia en el centro y éste queda ocupado por la médula (Esau, 1985). En esta especie la raíz es de tipo exarco

Cabe señalar que las células del floema se tiñen de verde y son de paredes delgadas (existe una serie de células más pequeñas y de paredes más delgadas, estas células están hacia la endodermis), a diferencia de las células del floema, las paredes de las células del xilema son gruesas, se tiñen de rojo, son más grandes que las células del floema, las células de menor tamaño se ubican hacia la endodermis, en esta orquídea se puede decir que la raíz es rica en xilema y la mayor parte del cilindro vascular está ocupado por células del xilema. Se pudo observar que la médula contiene fuertes vasos xilemáticos lo que incluso dificultó el corte de la raíz.

4. 1. 3. Anatomía de la raíz de *Cattleya aurantiaca*

Básicamente el patrón anatómico que tiene la raíz de *Laelia speciosa*, lo presenta la de *Cattleya aurantiaca*; sin embargo, existen algunas diferencias interesantes, por ejemplo, la raíz de *Cattleya*, presenta de 5 a 6 capas de velamen, con células de forma irregular, de paredes delgadas que se tiñen de verde, de diferente tamaño, orientadas dorsiventralmente, pero de mayor tamaño que en *Laelia* (Figura 2A).

Las células que comprenden la exodermis, son células poligonales, de paredes gruesas que se tiñen de rojo (contienen lignina y/o suberina), y como se puede observar son células son más pequeñas que en *Laelia*. También aquí hay células de transfusión (Figura 2A).

Posterior a la exodermis se localiza una serie de 6 a 7 capas de células correspondientes a la porción parenquimatosa del cortex, de paredes delgadas de diferente tamaño y forma en su mayoría son redondas y poligonales, en estas células se

encuentran bultos de cristales solitarios compuestos quizás por oxalato de calcio. En algunas de estas células se observó mucílago. Estas células son más grandes y alargadas en esta especie que en *Laelia*; es importante señalar que el número de capas parenquimatosas en las dos especies es diferente (Figura 2A).

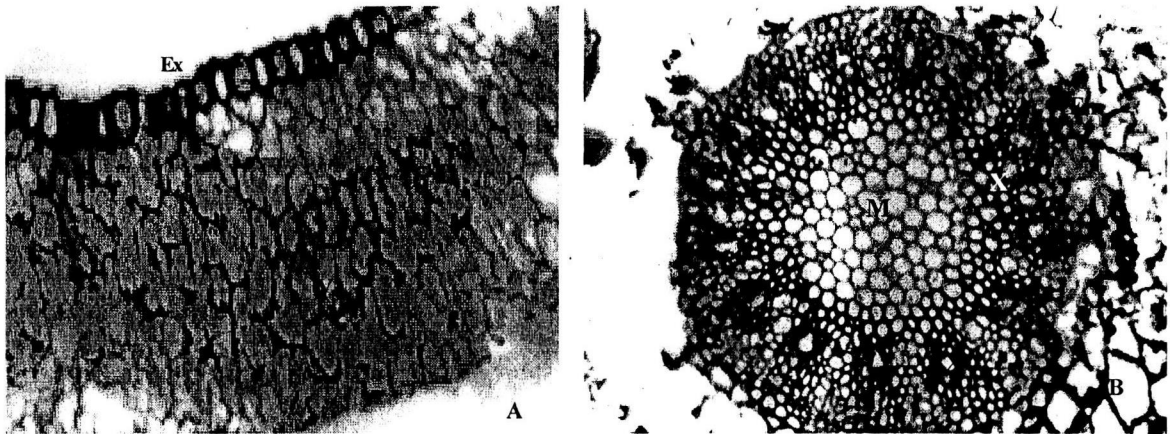


Figura 2. Corte transversal de raíz de *C. aurantiaca*. A, se muestran las células del velamen (V) y exodermis (Ex). B, se observan las células de la endodermis (En), células del xilema (X), floema (F) y médula (M).

Después se observa la endodermis que presenta un aspecto anatómico similar a las células presentes en *Laelia*, son células de paredes gruesas que se tiñen de rojo.

En cuanto a las células que conforman al xilema y al floema se encontraron diferencias interesantes entre las dos especies, ya que en *Cattleya* se observó que tanto el xilema como el floema se encuentran en paquetes bien definidos, el floema también está en mayor proporción que el xilema, el cual es poliarca; sin embargo, se encontró que en el centro no hay diferenciación del xilema y por lo tanto éste queda ocupado por la médula (Figura 2B); ésta es una diferencia muy notable entre las dos especies ya que en *Laelia* no se observaron células de la médula (Figura 1B); sin embargo, en *Cattleya* hay una gran proporción de células parenquimatosas en la médula.

4. 1. 4. Anatomía de la hoja de *Laelia speciosa*

La cutícula de esta especie es gruesa, hasta 12.9 μm (Cuadro 4), debajo se encuentran dos capas de células alargadas, rectangulares de paredes gruesas que conforman la epidermis. Debajo de la epidermis se encuentra el mesófilo (Figura 3A), que está especializado como tejido fotosintético, está compuesto de células parenquimatosas vivas, con grandes espacios intercelulares y con muchos cloroplastos (Arditti, 1992).

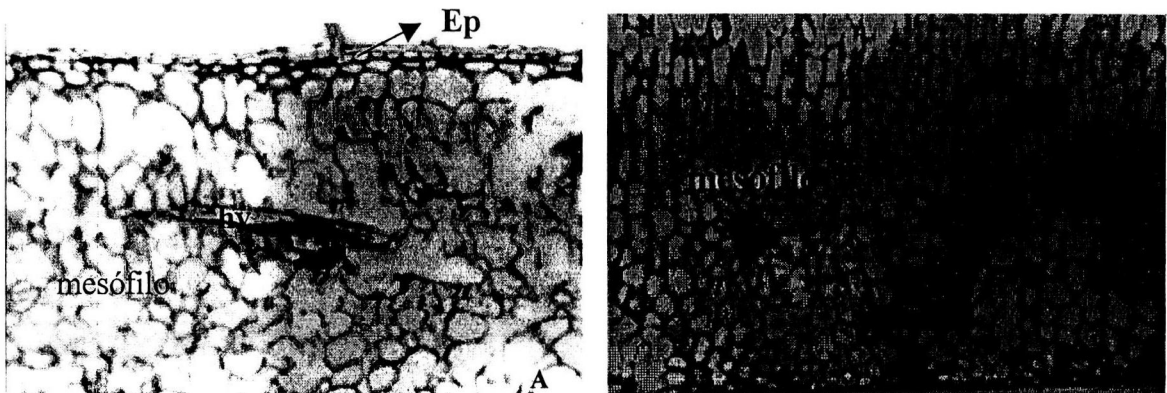


Figura 3. Corte transversal de hoja de *L. speciosa* y *C. aurantiaca*, respectivamente, A, se muestran las células de la epidermis (Ep), mesófilo y haces vasculares (hv). B, se observan las células del mesófilo.

Existen de 4 a 5 capas de células de este parénquima, de diferente tamaño y forma, en su mayoría de forma hexagonal, alargadas anticlinalmente, con numerosos cloroplastos. Por último podemos observar dos capas de células epidérmicas alargadas, rectangulares de paredes gruesas que conforman la epidermis inferior de la hoja (figura 3 A). Estas hojas también poseen espacios de aire y haces vasculares de forma alargada y de gran tamaño, que están acomodados de forma perpendicular a las células que los rodean.

4. 1. 5. Anatomía de la hoja de *Cattleya aurantiaca*

Básicamente la anatomía de la hoja de *Cattleya* es muy semejante a la de *Laelia*, sin embargo, existen diferencias muy marcadas. En primer plano las células del mesófilo son de mayor tamaño que las de *Laelia*, este parénquima es de forma más regular en el haz de la hoja (Figura 3B), las células del parénquima del envés son más pequeñas sus paredes son delgadas, se presentan en menor número que las células del parénquima superior, son células redondas y se colocan hacia la epidermis inferior, lo cual coincide con la anatomía descrita para las plantas CAM (Arditti, 1990).

Una diferencia muy significativa es que en *Cattleya* los espacios de aire son más grandes y los haces vasculares que también se presentan en gran cantidad son redondos y de diferente tamaño, se encuentran dispuestos a lo largo de la hoja entre el mesófilo.

4. 2. Análisis estomático y cuticular en hojas de *Cattleya* y *Laelia*

Cabe aclarar que la técnica de impresión que mejores resultados dio para *Cattleya* fue la de barniz, ya que en las hojas en las cuales se utilizó esta técnica, las impresiones quedaron muy bien definidas y los estomas pudieron observarse con mayor facilidad en el microscopio; mientras que, sólo una preparación en la cual se utilizó la técnica de silicón como película de impresión pudo utilizarse para observar los estomas en el microscopio. En las demás muestras preparadas con esta técnica (silicón) no se pudieron observar los estomas en la parte abaxial de esta especie, mientras que para observar estomas en el envés de hojas de *Laelia speciosa* en todas las observaciones utilizadas fue la técnica de impresión en barniz, esto quizás se deba a las diferencias anatómicas y estructurales de cada especie, al grosor, tipo y forma de aplicación del barniz para uñas; pero también es de suponer que la composición y grosor tanto de la hoja como de la

cutícula, juegan un papel muy importante para el mejor funcionamiento de cualquier técnica (Weyers y Meidner, 1990; Arditti, 1990).

De acuerdo a las observaciones y resultados obtenidos en el cuadro 4, se puede constatar que las hojas de las especies de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa* sólo tienen estomas en la parte abaxial, lo cual hace suponer que se trata de una planta hipoestomática, lo que concuerda con Meidner y Mansfield (1968) y Willmer (1983).

A pesar de esto, y de acuerdo a las observaciones realizadas se vió que las hojas de *Cattleya* presentaron en promedio más estomas (10.26), también poseen más células epidérmicas (117.54) y por consiguiente un índice estomático mayor (8.07%), en comparación con *Laelia speciosa*, ya que ésta última tiene valores menores a los obtenidos en *Cattleya*, los cuales fueron de 6.04 estomas por campo, de 83.67 para el número de células epidérmicas y de 6.73% para el índice estomático (cuadro 4).

Cuadro 4. Análisis estomático del envés en hojas totalmente extendidas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*

<i>Cattleya aurantiaca</i>					
	F. E (por campo)	No. de C. E	I. E. ^y (%) ^b	Largo estoma (µm)	Ancho estoma ^z (µm)
Envés	10.26	117.54	8.07	34.55	24.01
<i>Laelia speciosa</i>					
	F. E (por campo)	No. de C. E	I. E. (%)	Largo estoma (µm)	Ancho estoma (µm)
Envés	6.04	83.77	6.73	45.05	38.65

F. E.= frecuencia estomática, I. E.= índice estomático

^y Los resultados promedio se obtuvieron de un total de 50 observaciones para cada especie.

^z Los valores promedio se obtuvieron de un total de 25 observación para cada especie.

Los estomas de *Lelia* del envés son más grandes (Cuadro 4) tanto en el largo (45.09 µm) como en el ancho (38.65 µm) en comparación con los de *Cattleya* que son de menor tamaño (34.55 µm) y (24.01 µm), respectivamente.

Cabe mencionar que, los valores obtenidos en el número de estomas por campo en las dos especies es relativamente bajo comparados con los valores citados en la literatura.

Como dato adicional, Willmer (1983) y Weyers y Meidner (1990) mencionan que esta frecuencia varía entre las especies; sin embargo, la mayoría de los valores cae entre 40 y 350 por mm². Arditti (1982), realizó un estudio en el cual se midió la frecuencia estomática de diferentes especies de orquídeas y al comparar los resultados con los obtenidos en este trabajo caen dentro de los valores encontrados (frecuencia estomática= 6 a 14 estomas).

Entonces, se puede sugerir que, este contraste de valores entre las especies puede deberse a factores genéticos y condiciones ambientales (Weyers y Meidner, 1990), a las cuales estaban expuestas las diferentes especies y dado que las plantas de *Cattleya* provienen de invernadero, por lo tanto, es una especie cultivada en condiciones climáticas controladas, mientras que *Laelia* es una especie silvestre epífita, creciendo en árboles a la intemperie; esto hace pensar que la diferencia de valores en la frecuencia estomática aún entre la especie misma y entre especies, no solamente está influenciado por la talla de la hoja, sino también por el estado de desarrollo de éstas, pero esto también depende de que si éstas han sido o no radiadas, nutridas y de la disponibilidad de agua durante su desarrollo (Weyers y Meidner, 1990); además de estos factores, pueden inferirse algunos otros como son, el tipo de planta, la relación de la planta con el agua, nivel de radiación y la temperatura.

Pudiera ser que haya una tendencia de incremento en la frecuencia estomatal en ambas superficies de las hojas completamente extendidas que están en las partes más altas de la planta y el tamaño de las células tanto epidérmicas como oclusivas, en general

tiende a ser más pequeño en hojas que se encuentran ubicadas en las partes más altas de las plantas (Weyers y Meidner, 1990).

En la Figura 4 y 5 se pueden ver las diferencias que existen en cuanto a la forma y tamaño de los estomas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*. En las hojas de *Cattleya* (figura 4) se encontró que los estomas están presentes sólo en la superficie abaxial, también se observó que los estomas de esta especie son oblicuos y alargados, pequeños con poro estomático grande, en algunos casos este llega a ocupar la mitad del espacio estomático. Las células epidérmicas tienen paredes gruesas, son cuadradas a rectangulares con distribución aleatoria y rebordes curvados.

En *Laelia speciosa* (Figura 5), se observó que en la parte abaxial los estomas son redondos, el poro estomático está bien diferenciado, en algunas ocasiones tiene forma de ojal, en algunos casos abarca casi por completo el espacio estomatal y en otros sólo se distingue en el centro del estoma, se puede ver que en esta especie los estomas tienen dos células guarda y posibles células acompañantes paralelas. Las células epidérmicas en el envés de *Laelia speciosa* en su mayoría son redondas, aunque las encontramos también cuadradas, ovaladas y rectangulares o poligonales, con rebordes angulares de paredes gruesas y distribución aleatoria.

En el cuadro 5 se observa que la cutícula en la epidermis abaxial de *Laelia* es mas ancha (12.93 μm) que la de *Cattleya* (10.98 μm); sin embargo, el grosor de la cutícula de la epidermis adaxial en las dos especies es similar (8.54 μm). También se observó que las hojas de *C. aurantiaca* presentaron mayor área foliar (29.56 cm^2) que las de *L. speciosa* (20.91 cm^2).

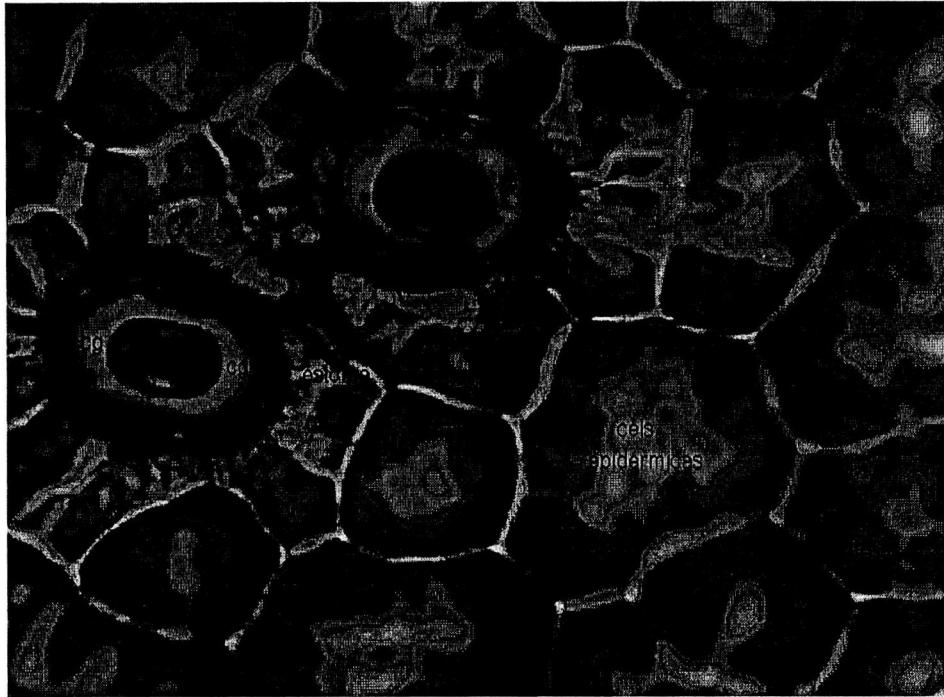


Figura 4. Vista de la parte abaxial de la hoja de *Cattleya aurantica*, mostrando dos estomas, en los cuales se distinguen las células guarda (cg) y las epidérmicas.

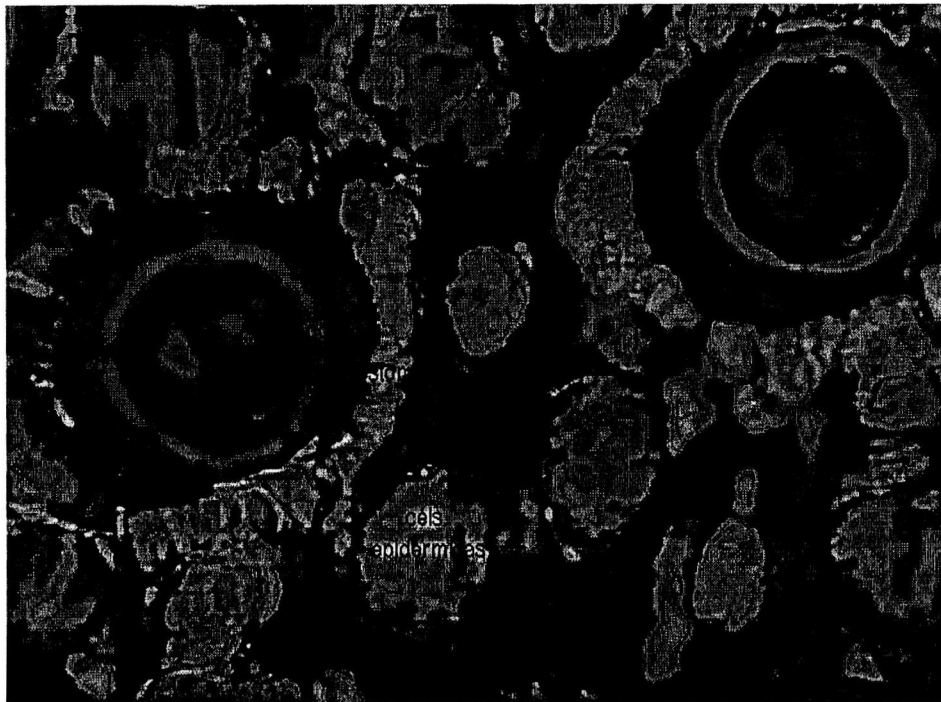


Figura 5. Vista de la parte abaxial de la hoja de *Laelia speciosa*, mostrando dos estomas, en los cuales se aprecian las células guarda (cg) y las células epidérmicas.

Cuadro 5. Grosor de cutícula y área foliar en hojas de *L. speciosa* y *C. aurantiaca*.

Especie	Grosor de cutícula (μm) ¹		Área foliar ² (cm^2)
	Ep. adaxial	Ep. abaxial	
<i>Laelia speciosa</i>	8.54	12.93	20.91
<i>Cattleya aurantiaca</i>	8.54	10.98	29.56

¹ El promedio se obtuvo de 10 observaciones para cada especie

² Los valores promedio del área foliar se obtuvieron de 40 observaciones para *Cattleya aurantiaca* y de 30 observaciones para *Laelia speciosa*.

En las observaciones al microscopio se pudo observar que la epidermis adaxial de *C. aurantiaca* tiene células parenquimatosas más grandes que en la abaxial, en la parte adaxial la capa de cutícula es homogénea, la cutícula de *Laelia* en su parte abaxial presenta ondulaciones (Figura 6 A y B).

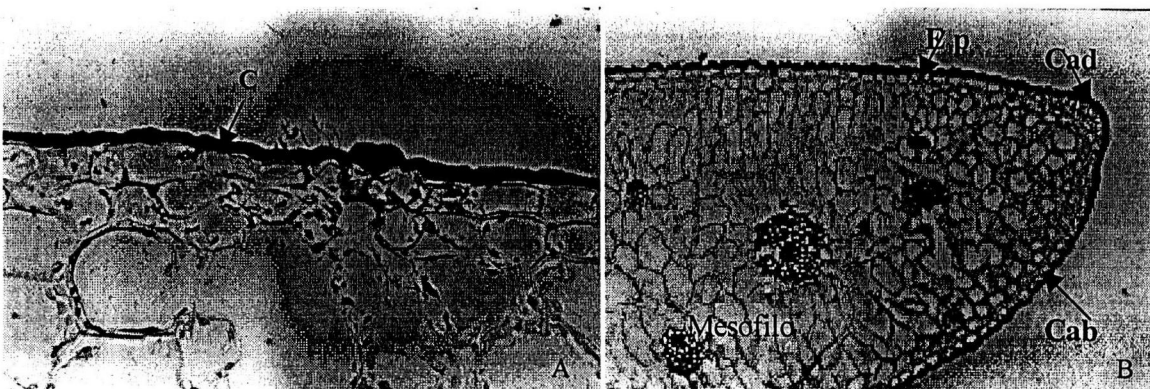


Figura 6. Corte transversal de hoja, donde se observa la cutícula de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*, respectivamente. A, cutícula de *Cattleya* (C), B, cutícula de *Laelia*, mostrando células de la epidermis (Ep), cutícula adaxial (Cad), abaxial (ab) y células del mesófilo.

Esto confirma que la capa de cutícula en las hojas de estas orquídeas sirve como protección contra las radiaciones altas y el tamaño de los estomas evita la tensión hídrica por medio de la regulación de CO_2 (Kappel y Flore, 1983).

No obstante, esto hace sugerir que la cutícula de *L. speciosa*, al menos en la parte abaxial opone mayor resistencia a la penetración de agua y a la transpiración; tomando en cuenta que también presenta menor número de estomas y área foliar esto haría suponer que puede tener mayor resistencia a la penetración de nutrientes es por lo que se

hace necesaria la aplicación de un surfactante para romper la tensión superficial y así puedan penetrar; sin embargo, según Arditti (1982, 1992) y Gil (1995) la mayoría de las plantas epífitas, como las orquídeas reciben la mayor parte de sus nutrientes a través de la superficie de la hoja, entonces, se puede considerar que la resistencia a la penetración de nutrientes a través de las hojas en estas especies no es tan fuerte.

4. 3. Análisis nutrimental inicial (9 de agosto del 2000) en las dos especies

Las hojas de las plantas de *Laelia* tuvieron mayor acumulación de N, K, Mg, Ca, Mn y Fe (Cuadro 6), y mientras que las hojas de *Cattleya* presentaron mayor concentración de P y B, siendo estas cantidades estadísticamente diferentes, no se presentaron diferencias significativas en cuanto a la cantidad de Ca, Zn y Mn presentes en sus hojas (Cuadro 6).

En general *Laelia speciosa* presentó mayor acumulación de nutrimentos en sus hojas en comparación con las de *Cattleya* (Cuadro 6); sin embargo, es importante señalar que el boro se encontró en las hojas de *Cattleya* en concentraciones mucho más altas en comparación con las de *Laelia* (Cuadro 6), no obstante, al compararlas con las obtenidas de la bibliografía no sobrepasa los límites óptimos para esta especie, por lo tanto éstas concentraciones están a niveles de suficiencia., ya que según Reuter y Robinson (1988) un nivel adecuado está entre 20 a 100 mg kg⁻¹, no obstante al comparar el N, el K y el Mg los valores de éstos están por debajo de los recomendados (1.30 a 1.70, 1.80 a 2.80 y 0.30 a 0.60 %, respectivamente) para obtener un crecimiento óptimo, al menos para las plantas de *Cattleya*.

Como este es un análisis inicial (cuando no se tenía ningún efecto de fertilización) quizás las plantas tenían deficiencia de algún nutrimento y cabe mencionar que tanto en las hojas de unas plantas de *Laelia* así como también de *Cattleya* se observaban

síntomas de clorosis, probablemente por la deficiencia de nitrógeno y fósforo, y como se observa en el Cuadro 6, efectivamente estos elementos estaban en bajas concentraciones en las hojas de las dos especies, al igual que magnesio y zinc.

Cuadro 6. Comparación en la acumulación de nutrimentos en las plantas de las dos especies (primer muestreo, 9 de agosto del 2000)

Especie	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
	($\%$)					(mg kg ⁻¹)			
<i>C. arantiaca</i>	0.08 b ^z	0.15 a	0.76 b	0.94 a	0.16 b	101.7 b	20.0 a	46.67 a	20.98 a
<i>L. speciosa</i>	1.18 a	0.08 b	1.17 a	0.98 a	0.34 a	540.7 a	19.53 a	46.79 a	0.109 b
DMS	0.071	0.022	0.191	0.120	0.148	176.49	6.464	5.87	12.07

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

DMS= Diferencia mínima significativa.

Esto quizás pueda explicarse por el tipo de sustrato y la raíz de las dos especies, ya que *Cattleya* en un principio se encontraba en un sustrato compuesto por fibra de coco y corteza de pino que aporta mayor cantidad de boro, fósforo y zinc. Benzing y Renfrow, (1980); mencionan que las raíces de *Tillandsia circinnata* cultivadas en corteza de pino y fibra de coco tenían acumulados 13.3, 680, y 36.8 mg kg⁻¹ de boro, fósforo, magnesio y zinc por materia seca; mientras que *Laelia* al ser una epífita silvestre se encuentra como hospedera de las ramas de los árboles de pino-encino y, esta corteza junto con los demás materiales que se acumulan en ella aportó menos boro que el antes mencionado. En un análisis inicial que se realizó el 9 de agosto del 2000, en el sustrato en el cual se hospedaba esta especie se obtuvo que el sustrato contenía tan sólo 0.177 mg kg⁻¹ de éste elemento (Anexo 2). En cuanto a la cantidad de N, Fe, K y Mg, tenemos que las plantas de *Laelia* tuvieron muy buen aporte del sustrato antes mencionado, es por ello que observamos concentraciones más altas de éstos elementos en comparación con los obtenidos en *Cattleya*, como vemos el aporte de nutrientes por parte de los sustratos a

toda la planta es importante para que éstas lleven acabo sus funciones fisiológicas y metabólicas.

Aunque Poole y Sheehan (1982) mencionan que en las plantas de muchas orquídeas nunca se han reportado síntomas por deficiencia de hierro, entonces se puede sugerir que aunque *Cattleya* exhiba menor concentración de este elemento esto no quiere decir que este deficiente.

Tal vez pudiera ser que en el medio en el cual se desarrollaban las plantas de *C. aurantiaca* existía un exceso de agentes quelantes que hicieron que la absorción de hierro por las raíces de esta especie decreciera. Hale y Wallace (1962) encontraron que existe una gran competencia por el hierro entre las raíces de orquídeas y los agentes quelantes; sin embargo, al revisar la sintomatología de la deficiencia por hierro y boro , se observa que una deficiencia de hierro se traduce en una disminución de la síntesis de clorofilas porque tiene un efecto sobre la síntesis de proteínas; en condiciones normales el 80% de hierro en las hojas en gran parte es almacenado como fitoferritina (Smith, 1981).

La deficiencia de boro causa la muerte de los ápices de tallos y raíces, así como la abscisión de las flores, regiones todas de gran actividad metabólica que precisan de gran cantidad de glúcidos solubles, si se llegan a formar los fruto y semillas son totalmente anormales, esto último es debido a que las necesidades de boro para las estructuras reproductoras son mayores que para las vegetativas (Smith, 1988).

Se puede decir que las plantas con las cuales se estableció el experimento al principio tenían bajas concentraciones de algunos elementos, pero sin poder decir que estaban deficientes, puesto que la mayoría de las plantas no mostraba síntomas visuales de deficiencia (sólo había casos aislados).

4. 3. 1. Contenido nutrimental en los diferentes órganos de plantas de orquídeas

En el cuadro 7 se observa que en general, no existieron diferencias significativas estadísticamente en la cantidad de N presente en hojas y raíces, pero entre estos y los pseudobulbos sí las hubo; no obstante, la mayor cantidad de N se obtuvo en las hojas. Esto es racional puesto que el nitrógeno es un elemento muy móvil que se transporta por el floema, y por lo tanto, progresivamente se va transportando a las hojas jóvenes o ápices.

Cuadro 7. Contenido nutrimental en los órganos de plantas de orquídeas

ORGANO	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
	(%)					(mg. kg ⁻¹)			
HOJA	0.69 a ^z	0.11 a	1.56 a	1.88 a	0.38 a	114.2 b	14.43 a	80.33 a	10.54 a
RAÍZ	0.68 a	0.11 a	0.59 b	0.44 b	0.19 a	750.0 a	27.80 b	45.57 b	12.84 a
PSEUDOBULBO	0.52 b	0.13 a	0.73 b	0.55 b	0.18 a	99.33 b	17.07c	14.28 c	8.25 a
DMS	0.108	0.034	0.290	0.182	0.225	267.84	9.810	8.914	18.318

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

DMS= Diferencia mínima significativa.

Si se toma en cuenta también que, la concentración nutrimental en los distintos órganos es diferente dependiendo de la actividad metabólica y de la función del órgano, y si consideramos que la planta absorbe y acumula nitrógeno, al pasar a la fase reproductiva, éste nitrógeno se transloca casi en su totalidad de todos los órganos de la plantas hacia las flores y frutos.

Por lo tanto, en las hojas de estas dos orquídeas hubo mayor concentración de N (0.69%), K (1.59%), Ca (1.88%), Mg (0.38%) y Mn (8.33%); mientras que en las raíces se vió mayor acumulación de Fe (750 mg L⁻¹), Zn (27.80 mg kg⁻¹) y B (12.84 mg kg⁻¹) y en los pseudobulbos se obtuvo mayor concentración de fósforo (0.13 %).

Arditti (1992) menciona que las raíces de las orquídeas, tanto las jóvenes como las ya maduras son capaces de absorber la mayor parte de nutrimentos, esto indica que las raíces de *C. auratiaca* y *L. speciosa* son funcionales.

Aunque hay que recordar que estas especies al ser epífitas establecen una simbiosis y relaciones micorrícicas, entonces estas fijan y absorben más nitrógeno (N_2 el cual solamente puede ser utilizado por las plantas epífitas) y fósforo en comparación con las plantas no epífitas (Arditti, 1992; Gil, 1995).

Los resultados antes mencionados concuerdan con los obtenidos por Poole y Sheehan (1973) que analizaron el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu en hojas (por edad), pseudobulbos (por edad) y flores de *Laeliocattleya* “Culminant” y vieron que el N foliar disminuye con la edad, puesto que éste se acumula en pseudobulbos de mayor edad. Los niveles de P se incrementan y los de K disminuyen cuando se incrementa la edad de las hojas y pseudobulbos. En las hojas los niveles de Mg, Fe, Zn y Cu permanecen relativamente constantes a lo largo del tiempo. Los niveles de Ca en los pseudobulbos disminuyen con la edad pero los de Mn permanecen constantes. Esto significa que el Ca y el Mn son translocados preferentemente y acumulados en las hojas maduras más que en las raíces y pseudobulbos.

En las plantas con buena nutrición, la mayor parte del fósforo se encuentra en las vacuolas (85 a 95%) en un acervo metabólico de reserva, que disminuye lentamente cuando los vegetales no obtienen suficiente fósforo en el suelo o en la solución nutritiva. Cuando una planta pasa de niveles subóptimos a óptimos de fósforo, se incrementan todas las fracciones que lo contienen. Sin embargo, por encima del óptimo solamente lo hace la fracción inorgánica, mostrando acumulación en las vacuolas (Gil, 1995).

Arditti (1992) encontró que en las plantas de *Cattleya* y *Cymbidium* el contenido de K es más bajo en las raíces y más alto en las hojas y, que los pseudobulbos tienen menos concentración de Ca, Fe, Mg y Mn; el contenido de B es más alto en hojas y más bajo en pseudobulbos y raíces, todo lo cual coincide con los resultados obtenidos en el análisis nutrimental de *Cattleya* y *Laelia*.

Por lo tanto la concentración del elemento varía, conforme a su requerimiento a través del tiempo, así tenemos que la absorción de nitrógeno se lleva a cabo preferentemente cuando se forma la proteína plasmática, y el primer requerimiento de fósforo se presenta al principio, durante la formación de las raíces, el segundo gran momento de requerimiento de fósforo se observa al iniciarse la fase reproductiva, así que se le requiere en mayor proporción en los brotes florales, vegetativos y en la flores (Alcalde, s/a).

Por otra parte, en el cuadro 8 se observa que las plantas *Laelia speciosa* tuvieron mayor concentración en hojas de N, K, Ca, Mg y Fe, en raíces mayor concentración de N, K, Mg, Fe, Zn y Mn y, en los pseudobulbos se obtuvo mayor concentración de N, K, Mg, Fe y Mn; mientras que, en los órganos antes mencionados de *Cattleya aurantiaca* se vio mayor acumulación de P, Zn, Mn y B; P, Ca y B y P, Zn y B, respectivamente (el valor obtenido en este último elemento es por mucho diferente al obtenido en la otra especie). Como las plantas de las dos especies estaban en un período vegetativo la concentración de nutrimentos varía del primer muestreo al segundo muestreo (Cuadro 8 y 14).

Como este es un análisis inicial (cuando no se tenía ningún efecto de fertilización) quizás las plantas tenían deficiencia de algún nutrimento y cabe mencionar que tanto en las hojas de unas plantas de *Laelia* así como también de *Cattleya* se observaban

síntomas de clorosis, probablemente por la deficiencia de nitrógeno y fósforo, y como se observa en el Cuadro 6, efectivamente estos elementos estaban en bajas concentraciones en las hojas de las dos especies, al igual que magnesio y zinc.

Cuadro 8. Comparación de la acumulación de nutrientes en los diferentes órganos de plantas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*.

Especie	NT	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
HOJA	(%)					(mg. kg⁻¹)			
<i>C. aurantiaca</i>	0.100 ^y	0.150	1.160	1.810	0.277	50.00	15.00	100.00	20.98
<i>L. speciosa</i>	1.28	0.07	1.967	1.957	0.480	178.3	13.86	60.67	0.110
RAIZ	(%)					(mg. kg⁻¹)			
<i>C. aurantiaca</i>	0.08	0.15	0.58	0.47	0.09	225.0	25.0	30.00	25.54
<i>L. speciosa</i>	1.28	0.07	0.60	0.42	0.29	1275.0	30.6	61.13	0.140
PSEUDOBULBO	(%)					(mg. kg⁻¹)			
<i>C. aurantiaca</i>	0.05	0.16	0.53	0.54	0.11	30.0	20.0	10.00	16.42
<i>L. speciosa</i>	1.0	0.09	0.93	0.55	0.25	168.67	14.1	18.57	0.077

^y El promedio se obtuvo de un total de 18 observaciones

Arditti (1992) realizó un trabajo con plantas de *Cymbidium* y *Cattleya* y encontró que las hojas de la primera especie tienen niveles más bajos de K y concentraciones más altas de N que las de la segunda especie. Entonces podemos decir que estas diferencias reflejan los requerimientos nutrimentales que tiene cada especie en un momento determinado, ya que los niveles de un nutriente que pueden ser óptimo para una especie en otra puede inducir síntomas de deficiencia. (Alcalde s/a).

El N, P y K al ser elementos móviles se encuentran en mayor proporción en hojas jóvenes o de reciente madurez y en las raíces se encuentra menos proporción de estos elementos (Arditti, 1992); sin embargo, en *Laelia* esto no se presentó así, esto sugiere que las raíces de ésta especie sí captan los nutrientes (Cuadro 8), los absorben (el sustrato en el cual estaban las plantas de esta especie también aportó cierta cantidad de estos elementos, es por ello que hay mayor acumulación de éstos en las raíces) (Anexo2)

y posteriormente estos se movilizan de una zona de menor requerimiento a una de mayor requerimiento, como serían las hojas (Arditti, 1992).

Se tiene que el fósforo se distribuye rápidamente de un órgano a otro de la planta. Los estudios efectuados con fósforo radiactivo han proporcionado además pruebas de la gran movilidad del elemento y de la rapidez con que se desplaza de las hojas hacia tejidos en crecimiento, cuando la provisión externa disminuye (Gil, 1995).

La diferencia en la concentración de los diferentes elementos analizados en este trabajo en los diferentes órganos de las dos especies se puede explicar en función del requerimiento de éste elemento por cada especie en un tiempo dado y en una función específica, esto es, de acuerdo a la edad de la planta, el estado fenológico de ésta, y al genotipo será requerido uno o más elemento en especial y por otro lado al aporte nutrimental por parte del sustrato, en el cual crecían estas plantas (Anexo 2).

La planta no es un ente estático, ya que dentro de la misma tenemos una serie de órganos diferenciados, los cuales se encuentran en distintos estados fenológicos y mientras una hoja puede estar en estado de senescencia otras pueden estar en estado de madurez o crecimiento inicial, teniéndose aún en un mismo órgano diferencias en actividad metabólica. Esto implica que los contenidos nutrimentales dentro de los mismos órganos son diferentes. Obviamente es diferente el contenido nutrimental en las raíces, tallos y hojas (Alcalde, s/a).

4. 4. Peso específico en hojas de *Cattleya* y *Laelia* tratadas con los diferentes fertilizantes foliares

Los resultados del muestreo inicial, 9 de octubre del 2000, cuando las plantas llevaban 23 días en el invernadero; muestran (Cuadro 9) que las hojas de *Laelia* fertilizadas con la solución 200 mg L⁻¹ de K tuvieron mayor peso específico (0.1531

g.cm⁻¹), mientras que en las de *Cattleya* el mayor se obtuvo en las regadas únicamente con agua (0.1127 g.cm⁻²), aunque en las tratadas con la solución de 100% de Steiner también presentan un peso específico (0.1125 g.cm⁻²) similar al testigo. En el Cuadro 9 se puede observar que las plantas de *Laelia* tratadas con agua (testigo) presentaron menor peso específico (0.0578 g.cm⁻²), mientras que para *Cattleya* las plantas tratadas con la solución de Steiner al 50% presentaron el menor peso específico (0.0438 g cm⁻²). Una vez concluido el experimento (28 de junio de 2001) los pesos específicos mostraron los siguientes resultados, las plantas de *Laelia* tratadas con la solución de Steiner al 100% tuvieron el mayor peso específico (0.067 g.cm⁻¹); para *Cattleya* fueron las tratadas con la solución de 70 mg L⁻¹ de N (0.105 g cm⁻²). El menor peso específico en plantas de *Laelia* se obtuvo con la solución Steiner al 50% (0.044 g.cm⁻²), mientras que para *Cattleya* fue para las plantas tratadas con la solución de 35 mg L⁻¹ de P (0.064 g.cm⁻²).

El 9 de octubre de 2000 (primer muestreo) las plantas que tan solamente se regaron con agua tuvieron mayor peso seco, esto podría explicarse, por un lado, debido a que todavía no se ponía de manifiesto el efecto de los tratamientos foliares, dado que la fertilización tenía poco de haber comenzado (23 días) y por otro lado debido a la heterogeneidad de las plantas. Más adelante, al realizar el análisis final (28 de junio del 2001) se puede observar que las plantas de *Cattleya* que presentaron mayor peso específico fueron las tratadas con la solución nutritiva de Steiner al 100%.

Estos resultados sugieren que las hojas de *L. speciosa* fotosintetizaron más que las de *C. aurantiaca* y que la demanda de ésta última es menor. Las hojas que presentaron mayor peso específico formaron más materia seca, esto es, formaron más celulosa, almidón, lípidos y proteínas; producción directamente relacionada con la fotosíntesis. Se sabe que el peso específico es afectado por la sombra y conforme el

sombreado se incrementa el peso específico decrece, y por lo tanto, la fotosíntesis también disminuye (Barden, 1978).

Como el peso específico no vario considerablemente de uno a otro muestreo y la tendencia fue que los PE disminuyeron de uno a otro, esto sugiere que que la fuerza de la demanda era muy grande y no se acumuló en las hojas gran porcentaje de almidón, también estos resultados puedan deberse al estado fenológico de las plantas y a la edad de las hojas (menor PE), cuando hay un flujo de brotación vegetativa, aunque ya tenían su tamaño final, la maduración de los tejidos, sobre todo del mesófilo, la parecer todavía no alcanzaban su madurez final.

Gil (1995) menciona que a lo largo del tiempo y cuando las plantas o las hojas de las plantas adquieren su máxima extensión es cuando se da la mayor tasa neta de fotosíntesis y por lo tanto el mayor metabolismo de los nutrientes.

Cuadro 9. Peso específico (g m^{-2}) en hojas de *Laelia speciosa* y *Cattleya aurantiaca*.

	<i>L. Speciosa</i>	<i>C. aurantiaca</i>	<i>L. Speciosa</i>	<i>C. aurantiaca</i>
<i>Tratamiento</i>	Primer muestreo		Segundo muestreo	
	9 de octubre del 2000		28 de junio del 2001	
100% Steiner	0.1225	0.1125	0.067	0.071
50% Steiner	0.0998	0.0438	0.044	0.075
25% Steiner	0.0801	0.1124	0.061	0.087
200 mg L ⁻¹ N	0.0760	0.1100	0.066	0.093
100 mg L ⁻¹ N	0.1056	0.0874	0.046	0.077
200 mg L ⁻¹ K	0.1531	0.0749	0.060	0.076
100 mg L ⁻¹ K	0.1526	0.0910	0.065	0.071
70 mg L ⁻¹ P	0.0994	0.1068	0.050	0.105
35 mg L ⁻¹ P	0.1072	0.0930	0.051	0.064
Testigo (agua)	0.0578	0.1127	0.049	0.084

¹ Los valores de peso específico se obtuvieron de un total de 5 rodajas de hoja para *L. Speciosa* y de 4 rodajas para *C. aurantiaca* así como para el testigo.

Tal y como lo menciona Alcalde (s/a) que en la época de crecimiento agudo, se observa la absorción de nutrimentos intensa, y en la cual se presentan etapas de mayor

requerimiento cuando la planta realiza un intenso trabajo, lo cual corresponde a la producción de gran cantidad de masa foliar.

4. 5. Efecto de los diferentes tratamientos foliares en la acumulación de clorofila en plantas de las dos especies

En el muestreo inicial (9 de octubre del 2000) en las plantas de *C. aurantiaca* la solución nutritiva que promovió más la acumulación de clorofilas **a**, **b** y **total** a pesar de que todavía había poso efecto del tratamiento (inicio de fertilización, 16 de septiembre del 2000) fue la de 200 mg L⁻¹ de K (0.2301, 0.1253 y 0.355 mg g⁻¹, respectivamente) y la menor se observó en las plantas fertilizadas con la solución de 100 mg L⁻¹ de N (0.0588, 0.0372 y 0.0955 mg g⁻¹, respectivamente) (Cuadro 10). El 28 de junio del 2001 (análisis final), hubo más síntesis de clorofilas **a**, **b** y **total** en las plantas fertilizadas con la solución de Steiner al 100% (0.240, 0.191 y 0.431 mg g⁻¹), mientras que la menor acumulación de estos dos tipos de clorofilas se dió nuevamente (como en el análisis inicial) en las plantas tratadas con la solución de 100 mg L⁻¹ de N (0.0928, 0.0460 y 0.1387 mg. g⁻¹, respectivamente) (Cuadro 10).

Cuadro 10. Efecto de los diferentes tratamientos foliares en el contenido de clorofila en plantas de *Cattleya aurantiaca*.

Tratamiento	mg de corofila x gramo de tejido					
	clorofila a		clorofila b		clorofila total	
	Inicial ^y	Final ^z	Inicial	Final	Inicial	Final
Steiner 100%	0.1795 ^a	0.2400	0.1144	0.1907	0.2938	0.4306
Steiner 50%	0.1304	0.1324	0.0839	0.0875	0.2142	0.2198
Steiner 25%	0.0841	0.1911	0.0558	0.1088	0.1398	0.2998
200 ppm N	0.0894	0.1671	0.0560	0.1102	0.1454	0.2772
100 ppm N	0.0583	0.0928	0.0372	0.0460	0.0955	0.1387
200 ppm K	0.2301	0.1234	0.1253	0.0829	0.3554	0.2063
100 ppm K	0.1370	0.1001	0.0893	0.0722	0.2262	0.1715
70 ppm P	0.0918	0.0954	0.0626	0.0613	0.1543	0.1566
35 ppm P	0.1732	0.1807	0.1097	0.1332	0.2829	0.3138
Testigo	0.0608	0.1133	0.0389	0.0722	0.0997	0.1854

^a Los valores se obtuvieron de 1 observación.

^y 9 de octubre del 2000 y ^z 28 de junio del 2001

En el primer análisis (9 de octubre del 2000), se vió más acumulación de clorofila **a b y total** en las plantas de *L. speciosa* con la solución de 70 mg L⁻¹ de P (0.2495, 0.1567 y 0.4061 mg g⁻¹, respectivamente) (Cuadro 11) y la menor síntesis de estos dos tipos de clorofilas se observó en las plantas tratadas con la solución de 100 mg L⁻¹ de N (0.059, 0.050 7 0.109 mg g⁻¹, respectivamenente) (igual que en el análisis inicial de *Cattleya*). El 28 de junio del 2001 (muestreo final) la mayor acumulación de clorofila **a** (0.316 mg g⁻¹) se vió en las plantas fertilizadas con 100 mg L⁻¹ de N, la **b y total** en las tratadas con 35 mg L⁻¹ de P (0.217 y 0.528 mg g⁻¹, respectivamente), el menor contenido de estos dos tipos de clorofilas se dió en las plantas fertilizadas con 70 mg L⁻¹ de P (0.1487, 0.0994 y 0.2481 mg g⁻¹ respectivamente) (Cuadro 11).

Cuadro 11. Efecto de los diferentes tratamientos foliares en el contenido de clorofilas en hojas de *Laelia speciosa*.

Tratamiento	mg de corofila x/ gramo de tejido					
	Clorofila a		clorofila b		clorofila total	
	Inicial ^y	Final ^z	Inicial	Final	Inicial	Final
Steiner 100%	0.1963 ^a	0.1892	0.1161	0.1191	0.3123	0.3082
Steiner 50%	0.2085	0.2229	0.1322	0.1584	0.3406	0.3812
Steiner 25%	0.1738	0.1615	0.1012	0.1556	0.2749	0.3171
200 ppm N	0.1685	0.2378	0.1049	0.1543	0.2733	0.3919
100 ppm N	0.0590	0.3158	0.0501	0.2079	0.1091	0.5235
200 ppm K	0.2083	0.2136	0.1213	0.1553	0.3295	0.3688
100 ppm K	0.1576	0.2602	0.1023	0.1740	0.2598	0.4341
70 ppm P	0.2495	0.1487	0.1567	0.0994	0.4061	0.2481
35 ppm P	0.1986	0.3014	0.1336	0.2167	0.3322	0.5279
Testigo	0.1176	0.1989	0.0750	0.1191	0.1925	0.3179

^a Los valores se obtuvieron de un total de 1 observación.

^y 9 de octubre del 2000 y ^z 28 de junio del 2001

Al comparar las dos especies nos damos cuenta que las hojas de las plantas de *Laelia speciosa* acumularon más clorofilas **a, b y total** en comparación con las de *Cattleya aurantica*.

Sin embargo, la diferencia entre la acumulación de clorofilas en el análisis final como en el inicial es mínima tanto en las hojas de las dos especies; lo que puede indicar que no existió un efecto significativo de los tratamientos foliares en el contenido de clorofilas, hay que recordar que las plantas en el primer muestreo llevaban 23 días de empezar los tratamiento, no se puede considerar todavía un efecto de los tratamientos y en efecto, cuando comparamos los resultados iniciales con los finales se observa una pequeña variación en el contenido de clorofila; sin embargo, ésta variación no sigue el mismo patrón en todos los tratamientos, esto sugiere que el grado de metabolismos de estas especies es diferente, la tasa de asimilación de los fotoasimilados es diferente para cada especie y por lo tanto requieren de diferentes cantidades de estos para llevar a cabo sus funciones metabólicas, fisiológica y/o ecológicas. Cabe mencionar que en un principio, en algunas de las plantas de *Laelia* había síntomas de clorosis en las hojas adultas; sin embargo, esta deficiencia por algún nutrimento (quizás por N) se fue corrigiendo con el paso del tiempo, si esto no fuera así las plantas que conformaron ésta investigación se hubiesen visto frágiles y sin floración.

Stacanto y Faria (1996) realizaron un experimento en plantas de *Laelia cinnabarina* en un medio con poco contenido de nitrógeno, las plantas se veían frágiles, con acentuada clorosis y hojas pequeñas con bajo peso seco, por lo tanto se deduce que el N es un componente esencial de una serie de compuestos orgánicos fundamentales y se encuentra en los ácidos nucleicos, proteínas, clorofilas y enzimas.

Las plantas a través del tiempo van absorbiendo, asimilando y acumulando elementos necesarios para llevar a cabo sus funciones metabólicas, sin embargo, entre especies y entre individuos de la misma especie; esta tasa de asimilación es diferente y esto es debido a la edad y la etapa fenológica de la planta, y es por esto que el contenido

del elemento varía notablemente en los diferentes órganos de la planta a través del transcurso del tiempo (Pridgeon, 1987 y Benzing, 1989).

4. 6. Efecto de las diferente soluciones foliares sobre el crecimiento y floración en plantas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*

En el Cuadro 12, se puede observar que en general, la solución de Steiner al 100% promovió más la longitud de planta en las dos especies, siendo este valor significativamente diferente a los demás tratamientos; sin embargo, la formulación a base de 35 mg L⁻¹ de P también promovió el crecimiento; aunque en menor grado, las plantas regadas solamente con agua y con una solución con 70 mg L⁻¹ de P presentaron el menor crecimiento.

Estos resultados sugieren que el N y el P promueven de una manera satisfactoria la longitud de los tallos en orquídeas, lo que concuerda con Wang y Greg (1994), quienes recomiendan utilizar un fertilizante a base de 10N-10P-10K (en tres niveles: 250, 500 1000 mg L⁻¹) para obtener un crecimiento óptimo; sin embargo, los mismos autores mencionaron que en plantas de *Cymbidium* se obtuvo la mayor longitud del tallo con un fertilizante a base de 20N-8.6P-16K (a la mismas dosis antes mencionadas), lo cual nos lleva a pensar que quizás las orquídeas también toleren dosis altas de fertilización aunque tal vez la respuesta fisiológica sea menor.

La proliferación de brotes vegetativos se vió favorecida por la solución nutritiva de 35 mg L⁻¹ de P, seguida por la de 70 mg L⁻¹ de P (Cuadro 12). En cambio, las plantas que tuvieron mayor número de brotes florales fueron las fertilizadas con la solución nutritiva de 50 % de Steiner, siendo este tratamiento significativamente diferente a todos los demás.

Estos resultados tienen relación con los obtenidos por Powell *et al.*, (1988) quienes dicen que el número de brotes vegetativos y florales es mayor cuando se utilizan concentraciones de 17 y 177 mg L⁻¹ de P, N y K. Aunque ellos mencionan que, las bajas concentraciones de N (17 mg L⁻¹) pueden dar buenos resultados en la floración, pero que se reduce la vitalidad vegetativa. También se ha observado que altas concentraciones de N y bajas concentraciones de P favorecen el crecimiento vegetativo y las bajas concentraciones de N y de K favorecen el crecimiento reproductivo (Gil, 1995).

Powell *et al.* (1988) observaron que el número de brotes se incrementa con la fertilización con N, ya que el N tiene efectos significativos en todas las variables vegetativas a dosis de 17 y 177 mg L⁻¹, el N incrementa el vigor de los brotes vegetativos provocando que la floración disminuya.

En las plantas fertilizadas foliarmente con la solución de 100 mg L⁻¹ de K se observó el mayor número de pseudobulbos, seguido por el de 35 y 70 mg L⁻¹ de P; sin embargo, el primero fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos (Cuadro 12).

El mayor número de hojas se observó en las plantas nutridas con la solución de Steiner al 100 % y 25 % y con las de 100 mg L⁻¹ de N y K, aunque estadísticamente entre estos tres tratamientos no existieron diferencias estadísticas significativas; en ésta última (100 mg L⁻¹ de N) se observó el mayor número de hojas (4.637) (Cuadro 12).

Existieron más flores (0.088) en las plantas fertilizadas foliarmente con la solución de 200 mg L⁻¹ de K, siendo este valor ligeramente diferente al de los demás tratamientos. El tratamiento a base de agua (testigo) no presentó flores (Cuadro 12).

CUADRO 12. Efecto general de las diferentes dosis y fertilizantes foliares en las plantas de orquídeas
(*Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosas*).

Tratamiento	Long. Planta (cm)	Núm. Brot. Veg.	Núm. Brot. Flor.	Núm. Pseud.	Núm. Hojas	Núm. Flores	Ø Flor (cm)
Steiner 100%	20.48 a ^z	0.385 abc	0.095 bc	6.667 bcd	4.341 ab	0.062 ab	0.049 a
50% Steiner	18.31 bc	0.388 abc	0.190 a	6.795 bc	4.117 abc	0.055 ab	0.145 a
25% Steiner	18.38 bc	0.319 abcd	0.084 bc	6.872 ba	4.348 ab	0.051 ab	0.092 a
200 mg L ⁻¹ N	16.37 de	0.267 cd	0.102 bc	5.418 e	3.557 d	0.062 ab	0.228 a
100 mg L ⁻¹ N	16.24 e	0.300 bcd	0.132 ab	5.989 de	4.637 ab	0.040 ab	0.187 a
200 mg L ⁻¹ K	16.64 de	0.337 abcd	0.099 bc	6.114 cde	3.725 cd	0.088 a	0.103 a
100 mg L ⁻¹ K	17.43 cd	0.348 abcd	0.150 ab	7.579 a	4.333 ba	0.044 ab	0.171 a
70 mg L ⁻¹ P	15.95 e	0.414 ab	0.055 c	6.916 ab	3.978 bcd	0.022 ab	0.100 a
3 mg L ⁻¹ P	19.15 b	0.428 a	0.099 bc	7.114 ab	3.740 cd	0.033 ab	0.267 a
Testigo	15.88 e	0.256 d	0.037 c	5.630 e	3.549 d	0 b	0 a
DMS ^y	1.066	0.122	0.068	0.711	0.531	0.073	0.293

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

^y Diferencia mínima significativa.

Para el diámetro de la flor no existieron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos; sin embargo, las plantas tratadas con la solución nutritiva de 35 mg L⁻¹ de P presentaron el mayor diámetro (0.267 cm).

El número de pseudobulbos hojas y flores se vió favorecido por concentraciones relativamente bajas de N (la solución de Steiner al 25% contiene 41.25 mg L⁻¹ de N), 100 y 200 mg L⁻¹ de K. Arditti (1992), encontró que los niveles de N son importantes para varias especies de orquídeas entre ellas *Cattleya* y *Laelia*. Concentraciones de 100 mg L⁻¹ son apropiadas para *Phalaenopsis* y *Cymbidium*. Mientras que 50 mg L⁻¹ de N es un nivel óptimo para plantas de *Cattleya*. El K a 50 mg L⁻¹ es apropiados para plantas de *Cattleya*, *Phalaenopsis* y *Cymbidium*. Sin embargo, en general, concentraciones de K de 50, 100 y 200 mg L⁻¹ tienen efectos similares en el crecimiento vegetativo. Al parecer las concentraciones elevadas de K no tienen ningún efecto adverso.

Es importante señalar que todas las variables antes mencionadas tuvieron su mínima expresión en las plantas regadas únicamente con agua (testigo) (Cuadro 12), lo que hace pensar que las plantas en algún momento dado si necesitan de alguna fuente externa de nutrientes, aunque quizás ésta deba de ser en dosis pequeñas (Powell, *et al*; 1988).

Con todo lo anteriormente expuesto se puede decir que, puesto que, la duración del periodo juvenil de las orquídeas está asociado con la prontitud de la producción de hojas y la expansión del área de la hoja (Lee, 1991, donde puede ser benéfico el uso de una alta concentración de fertilizante (200 mg L⁻¹ de N) (en plantas jóvenes de rápido crecimiento). Cuando las plantas llegan a ser maduras se deben de reducir las concentraciones de fertilización para evitar que las plantas tengan una altura o talla excesiva (Wang y Gregg, 1994).

4. 7. Efecto de la fertilización foliar en plantas de *Cattleya aurantiaca*

En la Figura 7 se observa que las plantas de *C. aurantiaca* tratadas con la solución de Steiner al 100% tuvieron la mayor longitud (24.0 cm), siendo este tratamiento estadísticamente diferente a los demás tratamientos; sin embargo, las plantas fertilizadas con la solución nutritiva de Steiner al 25% también presentaron una longitud aceptable (21.8 cm). Mientras que la solución formulada con 100 mg L⁻¹ de N promovió muy poco la altura de estas plantas (16.6 cm), siendo este tratamiento estadísticamente inferior a los demás (Figura 7).

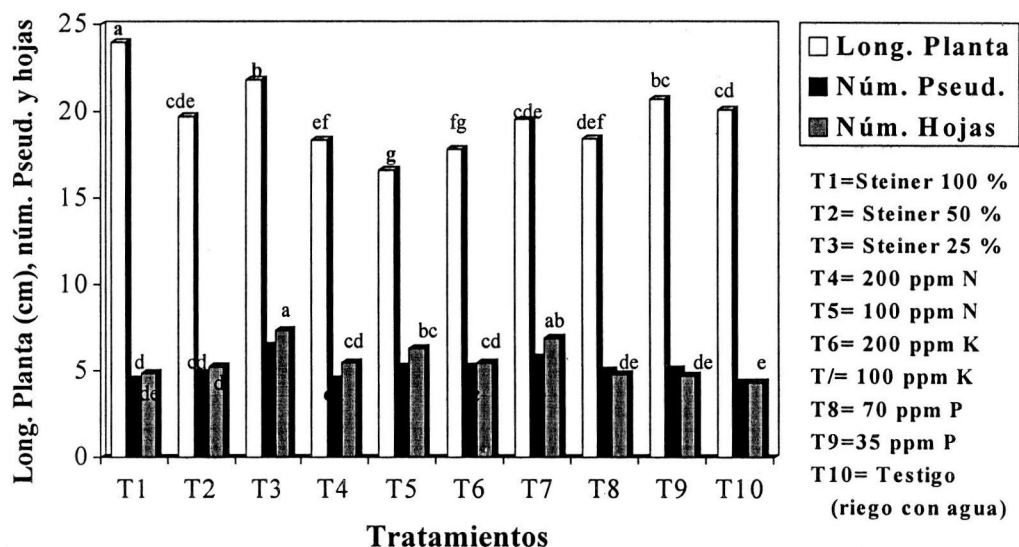


Figura 7. Efecto de la fertilización foliar en plantas de *C. aurantiaca*

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

La solución nutritiva que promovió más hojas (7.32) y pseudobulbos (6.41) fue la de Steiner al 25% (Figura 7 y 8); no obstante, las plantas fertilizadas con la solución de 100 mg L⁻¹ de K también tuvieron una aceptable formación de estos órganos (6.90 y 5.79, respectivamente) siendo estos tratamiento estadísticamente diferente a los demás tratamientos.

Salinger (1991) menciona que se pueden utilizar fertilizantes de lenta liberación para *Cymbidium*, como el osmocote® cuyo efecto puede ser a corto plazo (1-4 meses) y 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 y K, respectivamente. También se pueden incorporar en riegos diarios en forma líquida 120-150 mg L⁻¹ de N, 30 de P y 75 mg L⁻¹ de K.

Ya que la solución de Steiner al 100% contiene 167 mg L⁻¹ de N, esto hace pensar que las plantas de *C. aurantiaca* necesitan de concentraciones por arriba de las 100 mg L⁻¹ de N y de concentraciones bajas de P y K para el crecimiento vegetativo o para un crecimiento óptimo de toda la planta en su conjunto.

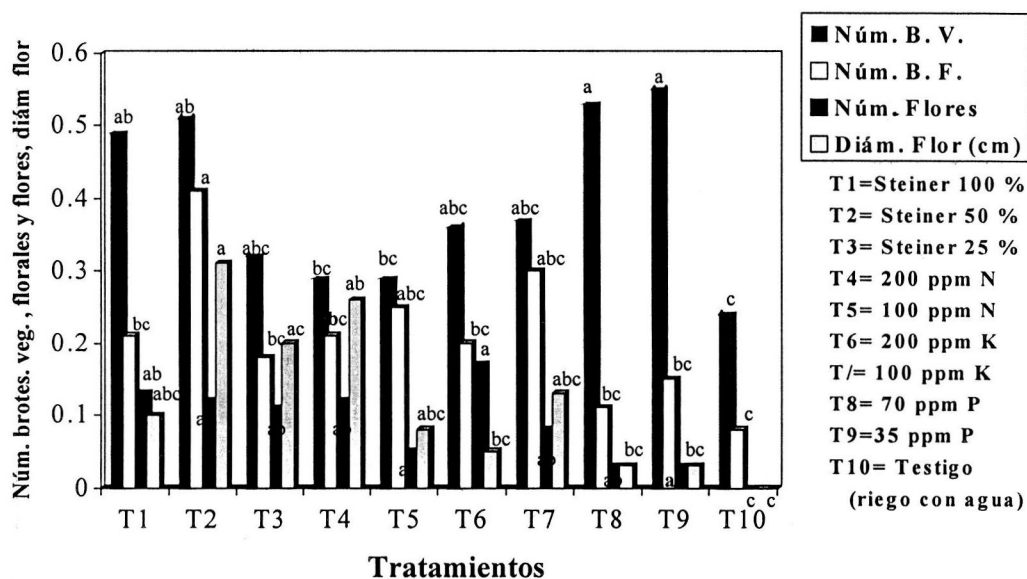


Figura 8. Efecto de los diferentes fertilizantes foliares en plantas de *C. aurantiaca*
Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Los fertilizantes que promovieron mayor número de brotes vegetativos (Figura 8) en las plantas de esta especie fueron los formulados con 70 y 35 mg L⁻¹ de P (0.53 y 0.55 respectivamente); estadísticamente no presentaron diferencias significativas entre ellos,

pero si las hubo entre estos y los tratamientos de 200 y 100 mg L⁻¹ de N. Aunque en menor grado, la solución de Steiner al 50 %, también promovió la proliferación de brotes (0.51), este tratamiento fue estadísticamente igual a los antes mencionados (Figuras 8 y 9).

Hubo mayor número de brotes florales en las plantas fertilizadas con la solución de Steiner al 50% (0.41), siendo éste tratamiento estadísticamente igual al de 100 mg L⁻¹ de N y 100 mg L⁻¹ de K; sin embargo,, si existieron diferencias entre éstos y los tratamientos restantes (Figura 8).

Se observaron más flores en las plantas fertilizadas con la solución nutritiva formulada con 200 mg L⁻¹ de K (0.17); no obstante, este tratamiento estadísticamente sólo fue diferente al testigo (Figura 8). En las plantas de *Cymbidium*, el potasio se encuentra en su mayor parte distribuido en flores, hojas y raíces aéreas y sólo pequeñas cantidades de este elemento se encuentran en los brotes, comparado con la cantidad que se encuentra en las flores (Yamaguchi, 1979).

Las plantas de *Cattleya aurantiaca* requieren de niveles óptimos de N, P y K para un crecimiento aceptable. Arditti (1992) menciona que elevando los niveles de N se aumenta la producción en plantas de *Cattleya* X Trimos. También se puede sugerir que los nutrientes asperjados foliarmente realmente sí se absorbieron y se retraslocaron dados los resultados obtenidos en la floración y crecimiento de las plantas de *C. aurantiaca*. Este mismo autor observó en plantas de híbridos de *Cattleya* fertilizadas foliarmente y marcadas con ³²P, que el 35% de estos isótopos fue detectado en los pseudobulbos que estaban debajo de las hojas que fueron asperjadas. Por lo tanto concluyó que ésta es una absorción eficiente y sugiere que otros nutrientes pueden

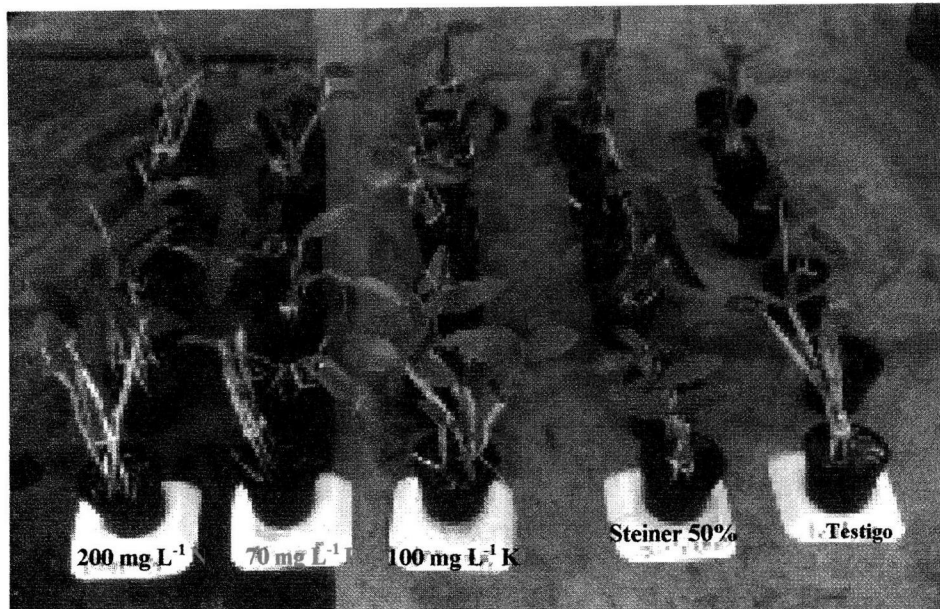


Figura 9. Efecto de los mejores tratamientos de fertilización foliar en plantas de *Cattleya aurantiaca* comparados con el testigo.



Figura 10. Tratamientos de fertilización foliar que causaron poco efecto en plantas de *Cattleya aurantica* comparados con el testigo.

también ser absorbidos por las hojas. Así la aplicación foliar de nutrientes puede ser un método efectivo de fertilización en orquídeas.

Se presentó menor efecto sobre todas las variables evaluadas en las plantas que solamente se regaron con agua (testigo) (Figura 9).

Al parecer las plantas de *C. aurantiaca* utilizan tanto macro como micronutrientes para realizar sus funciones metabólicas y fisiológicas, dado que la solución de Steiner es una solución que contiene a estos, entonces, las plantas de esta especie los utilizan más para su crecimiento en longitud, brotación floral, en el número de hojas y pseudobulbos; y en el diámetro de la flor, mientras que al potasio lo utilizan para la brotación vegetativa y el fósforo para floración.

Esto se ha visto en otras especies de orquídeas, Manrique (1993) encontró que las orquídeas necesitan pequeñas cantidades de fertilizante, dado que son plantas de crecimiento lento, éste autor menciona que para *Phalaenopsis* y *Cymbidium* las aplicaciones de 100, 50 y 25 mg L⁻¹ de N, K y Mg respectivamente son óptimas; mientras que para *Cattleya* se obtiene un crecimiento óptimo en las plantas con 50 mg L⁻¹ de N, P y K.

Estos resultados son consistentes con otras evidencias las cuales indican que deficiencias de N y P limitan el crecimiento en plantas de *Cattleya* más drásticamente que con K, Mg o Ca (Manrique, 1993).

4.8. Efecto de la fertilización foliar en plantas de *Laelia speciosa*

Las soluciones foliares que promovieron mayor longitud de la planta (Figura 11) y número de brotes vegetativos (Figura 11) en *L. speciosa* fueron las de Steiner al 100%, 50% y la 35 mg L⁻¹ de P, siendo estas significativamente iguales entre sí pero diferentes a los demás tratamientos (Figura 11); sin embargo, en la de 35 mg L⁻¹ de P se observa

mayor longitud de la planta (17.84 cm) y mayor número de brotes vegetativos (0.33), no obstante para el número de brotes, no existen diferencias significativas estadísticamente en ninguno de los tratamientos, aunque hay mayor número de estos en las soluciones de 35 mg L⁻¹ de P y en la de 100 mg L⁻¹ de K (0.33).

A diferencia de *Cattleya* las plantas de *Laelia speciosa* al parecer necesitan el P a bajas concentraciones (35 mg L⁻¹) para mejorar su crecimiento y desarrollo, a excepción de que para la proliferación de hojas requieren en primera instancia la solución de Steiner al 100%, esto indica que para la proliferación de hojas (Figura 11) necesitan de una solución nutritiva que contenga tanto macro como micronutrientes; sin embargo, para la manifestación de las demás variable analizadas requieren más del P.

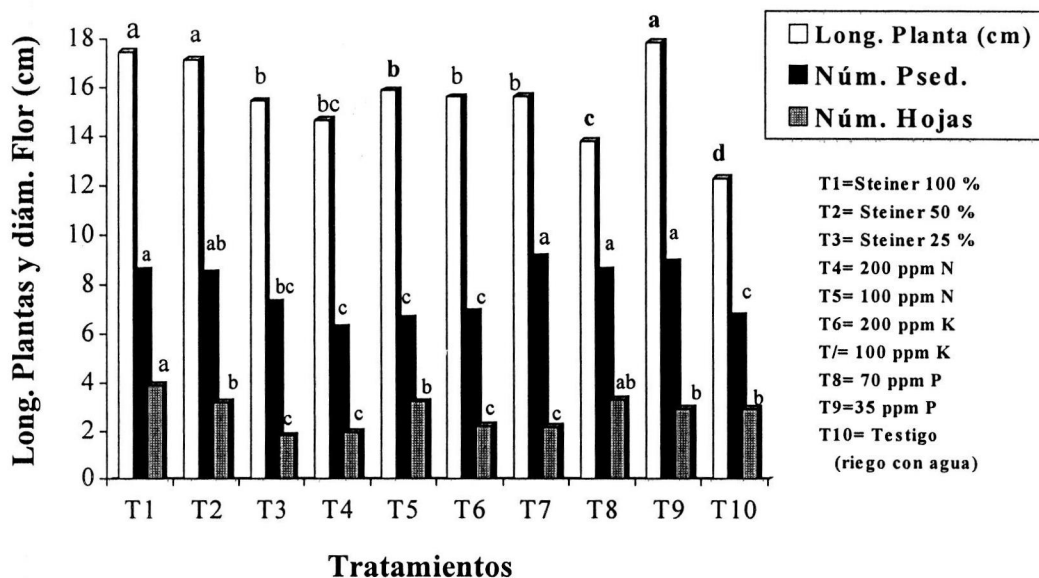


Figura 11. Efecto de la fertilización foliar en plantas de *L. speciosa*
Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Para el número de pseudobulbos (Figura 11 y 13) no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos de Steiner al 100%, 70 y 35 mg L⁻¹ de P y 100 mg L⁻¹ de K; sin embargo; en este último, las plantas presentaron mayor número de

pseudobulbos (9.11). El tratamiento donde las plantas presentaron mayor número de hojas fue en el de Steiner al 100% (3.90) (Figura 11 y 13).

En la Figura 12 se observa que las plantas que tuvieron mayor número de brotes florales fueron las fertilizadas con el tratamiento de 35 mg L⁻¹ de P (0.05) seguido por el de 100 mg L⁻¹ de N (0.03); sin embargo, estadísticamente el tratamiento de 35 mg L⁻¹ de P resultó ser igual a los de 200 mg L⁻¹ de N, 200 mg L⁻¹ de K, mientras que el de 100 mg L⁻¹ de N fue estadísticamente igual a todos los demás.

También se observa que no existieron diferencias significativas en el diámetro de la flor, no obstante, las flores que tuvieron mayor diámetro fueron las fertilizadas con la solución de 35 mg L⁻¹ de P (0.47 cm) (Figura 12).

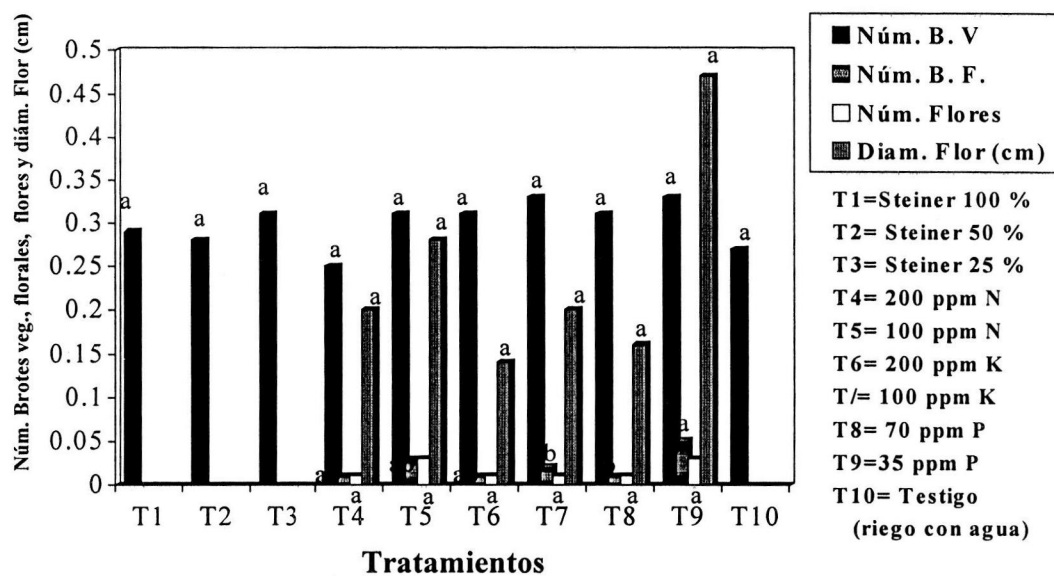


Figura 12 . Efecto de los diferentes fertilizantes foliares en plantas de *L. speciosa*

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

Aunque estadísticamente no se observaron diferencias significativas para el número de flores (figura 12 y 14) en los tratamientos, las plantas fertilizadas con la

solución nutritiva de 100 mg L⁻¹ de N y 35 mg L⁻¹ de P presentaron el mayor número de flores (0.03).

En *Laelia speciosa* el fósforo a bajas concentraciones al parecer tuvo mejor efecto en la mayoría de las variables evaluadas en las plantas y se obtuvieron casi siempre con las dosis de fertilización a base de fósforo; sin embargo, con las de N y K también hubo respuestas de las plantas, lo cual nos permite sugerir que tanto el N, P y K son necesarios para obtener respuestas fisiológicas y crecimiento en esta especie.

Esto concuerda con Stacanto y Faria (1996) quienes encontraron que en plántulas de *Laelia cinnabarina* cultivadas *in vitro* la baja concentración de N o la ausencia de éste trae como consecuencia una baja en el porcentaje de materia seca y se ven afectadas en su crecimiento. Las plantas con poco nitrógeno son frágiles y con hojas pequeñas, cuando existe una baja concentración de P y K en las plantas de esta especie hay un crecimiento reducido y las hojas de éstas son de un color verde azulado.

Wang (1996) menciona que las plantas de *Phalaenopsis* responden a concentraciones elevadas de N, esto da como resultado plantas de mayor talla y más resistentes con hojas de mayor diámetro, mientras que Lee y Lin (1987), Wang y Gregg (1994) obtuvieron que las plantas de *Phalaenopsis* tratadas con 100 mg L⁻¹ N durante nueve meses, tuvieron un desarrollo excepcional para los estándares comerciales y se formó una hoja en promedio, cada 40 días. Al momento de la cosecha, todas las plantas se consideraron como maduras y capaces de florecer si se les proporcionan las condiciones adecuadas (Lee, 1991; Lee y Lin, 1987). Se menciona que en *Phalaenopsis* altas dosis de fertilización dan como resultado mayor producción y flores más grandes (Wang y Gregg, 1994; Wilcock, 1973).



Figura 13. Efecto de los mejores fertilizantes foliares en plantas de *Laelia speciosa* comparados con el testigo.



Figura 14. Tratamiento de fertilización foliar que presentaron poco efecto en plantas de *Laelia speciosa* comparados con el testigo.

Los macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) y los micronutrientes juegan un papel fundamental en el crecimiento de las plántulas de algunas especies de orquídeas. Stacanto y Faria (1996) realizaron un trabajo con plantas de *Laelia cinnabarina* cultivadas *in vitro* y observaron que bajo condiciones naturales éstas muestran también un crecimiento restringido por la disponibilidad de los nutrientes, pero que mecanismos fisiológicos, morfológicos y/o ecológicos pueden estar presentes para habilitar su crecimiento en tan severas condiciones nutrimentales.

Igual que para las plantas de *C. auarantiaca* todas las variables evaluadas en *L. speciosa* tuvieron su mínima expresión en las plantas regadas solamente con agua (testigo) (Figura 11 y 12). Aunque en algunos casos este tratamiento resultó ser igual estadísticamente a los demás tratamientos, una excepción se dio en la longitud de las plantas, donde el testigo fue estadísticamente diferente a todos los demás tratamientos.

Wang y Gregg (1994) proponían que incrementando los niveles de fertilidad de 0.25 a 1.0 g.litro⁻¹ de N, P y K se incrementa la cantidad de flores, el diámetro y longitud del tallo y la producción de hojas seguidas por la floración. En una segunda etapa de floración incrementando los niveles de fertilidad se promueve la emergencia temprana de la inflorescencia y la floración. Altas tasas de fertilizante, además causan un incremento lineal en el número de inflorescencias y flores por planta, en el diámetro del tallo, cantidad total de hojas y en la talla de la hoja. No obstante, al final del experimento concluyeron que los niveles de fertilización no tuvieron influencia en la floración y talla de las flores. Incrementando los niveles de fertilidad de 0.25-1.0 g L⁻¹ (de 20N-8.6P-16.6K) se incrementa la cantidad de flores, diámetro y longitud del tallo así como la producción de hojas.

Ninguna de las variables que evaluaron estos mismos autores tuvo una respuesta lineal al incrementar la fertilidad de 0.25 a 1.0 g L⁻¹. Las espigas florales emergieron y presentaron floración temprana al incrementar los niveles de fertilización. Las plantas que recibieron fertilización de 1.0 g L⁻¹ florecieron a los primeros 16 días que los fertilizados con 25 g L⁻¹; sin embargo, desde que la inflorescencia emergió, las plantas recibieron bajos niveles de fertilización, ya que se requiere menos para que abra bien la flor ya que las que tuvieron niveles de fertilización de 1.0 g L⁻¹ las flores no abrieron (Wang y Gregg, 1994).

4. 9. Comparación de las respuestas a los fertilizantes foliares entre las dos especies

En el cuadro 13 se puede observar que las plantas de la especie *C. aurantiaca* presentaron mayor longitud, número de brotes vegetativos y florales, mayor número de hojas y flores así como mayor diámetro de flor, que *L. speciosa*, aunque en las plantas de esta especie se observó mayor número de pseudobulbos (7.72), siendo éste valor significativamente diferente al que tiene *Cattleya*.

En las dos especies el diámetro de la flor fue igual estadísticamente; sin embargo, en *Laelia*, éste fue mayor.

Cuadro 13. Comparación de la respuesta a la fertilización foliar en plantas de *C. aurantiaca* y *L. speciosa*.

Especie	Long. Planta (cm)	Núm. Brot. Veget.	Núm. Brot. Florales	Núm. Pseud.	Núm. hojas	Núm. flores	Diám. Flor (cm)
<i>C. aurantiaca</i>	19.70 a ^y	0.395 a	0.210 a	5.09 b	5.54 a	0.086 a	0.120 a
<i>L. speciosa</i>	15.58 b ^z	0.300 b	0.014 b	7.72 a	2.74 b	0.011 b	0.146 a
DMS	0.296	0.034	0.019	0.197	0.147	0.020	1.066

^y Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey (P ≤ 0.05).

^z Los valores promedio se obtuvieron de un total de 2730 observaciones.

DMS= Diferencia mínima significativa.

Aunque a las orquídeas se les define como plantas de lento crecimiento (Manrique, 1993), observando los resultados que obtuvimos en las dos especies, se puede decir que las plantas de *Laelia speciosa* son de crecimiento mucho más lento que las de *Cattleya aurantiaca*; sin embargo, hay que recordar que dadas las condiciones iniciales en las cuales se encontraban las plantas de las dos especie, estas diferencias parecen ser justificables, ya que las de *Laelia* al ser plantas silvestres quizás tuvieron menos accesibilidad a los nutrimentos. También pudo influir la selección de las plantas, en el caso de *Cattleya* se trabajó con plantas más o menos de la misma edad, número de hojas y pseudobulbos mientras que con *Laelia* la selección fue más al azar, dado que provenían del campo, algunas plantas tenían más hojas y pseudobulbos que otras y tampoco su tamaño era uniforme.

Otra razón podría ser que al inicio del experimento las plantas de *Cattleya* tuvieron un período vegetativo muy corto y la brotación y floración empezaron muy tempranamente (noviembre de 2000) (Figura 15) y posteriormente tuvieron un período de reposo relativamente corto (marzo a abril de 2001) y nuevamente volvieron con la etapa reproductiva, mientras que las plantas de *Laelia* presentaron un período vegetativo más largo (septiembre de 2000 a abril del 2001) (Figura 18), ésto dió margen a realizar más observaciones en plantas de *Cattleya* y, como en *Laelia* la etapa reproductiva se alcanzó casi hasta el final del experimento no se pudo evaluar y tomar en cuenta para la estadística los nuevos brotes vegetativos y florales así como las flores que vinieron después de concluido el experimento.

No obstante, estos resultados llevan a suponer que dado que son especies diferentes sus requerimientos nutrimentales son también muy diferentes y específicos, por que al final del experimento comparando cada tratamiento, visualmente nos dimos

cuenta que las plantas de *Laelia* sufrieron cambios muy notorios cuando estaban en el período vegetativo, y un aspecto muy interesante es que las plantas que fueron fertilizadas con los tratamientos con dosis bajas de fósforo tenían mejor aspecto, pero en general comparadas con el testigo todas tenían muy buen aspecto físico, buena coloración en las hojas y éstas se veían muy suculentas y en las plantas en las que hubo flores, éstas fueron de buena calidad (buena coloración y buen tamaño) comparadas con las reportadas en la literatura. Halbinger (1993) encontró que las flores de *Laelia speciosa*, de buena calidad y tamaño, miden de 10 a 15 cm, éstas mismas proporciones se alcanzaron en las flores obtenidas en éste experimento (Anexo 1), mientras que en las plantas de *Cattleya* al comparar todos los tratamientos entre sí era difícil distinguir diferencias visuales; sin embargo, al compararlas con el testigo estas diferencias ya eran notorias, por lo tanto, las diferencias entre las especies están en función de los requerimientos nutrimentales para cada etapa fisiológica de desarrollo.

4. 10. Comportamiento a través del tiempo de algunas variables en plantas de *C. aurantiaca* y *L. speciosa*, por el efecto de los fertilizantes foliares

En las plantas de *C. aurantiaca* se observó mayor crecimiento de la planta (Figura 15), y mayor número de pseudobulbos (Figura 15) del 9 al 24 de junio del 2001 (20.88 y 20.87 cm, respectivamente, para la longitud de la planta), siendo estos tiempos significativamente diferentes a las demás fechas. Hubo menor crecimiento de las plantas el 16 de septiembre del 2000; resultando esta diferente estadísticamente a todas las demás.

Las plantas alcanzaron el número mayor de hojas en septiembre 16 del 2000 (6.62), y en marzo del 2001 se observó en las plantas la menor cantidad de hojas (5.13);

sin embargo, este valor estadísticamente no es diferente al de las demás fechas (Figura 15).

En la Figura 16 se observa que en noviembre 11 del 2000 se dió la mayor brotación floral (0.650), siendo este tiempo significativamente diferente estadísticamente a todos los demás y en octubre 14 del mismo año se presentó la mínima brotación floral (0.017 en promedio). Del 16 al 30 de septiembre del 2000 y del 17 de marzo al 24 de junio del 2001 no hubo brotes florales en las plantas de *C. aurantiaca*.

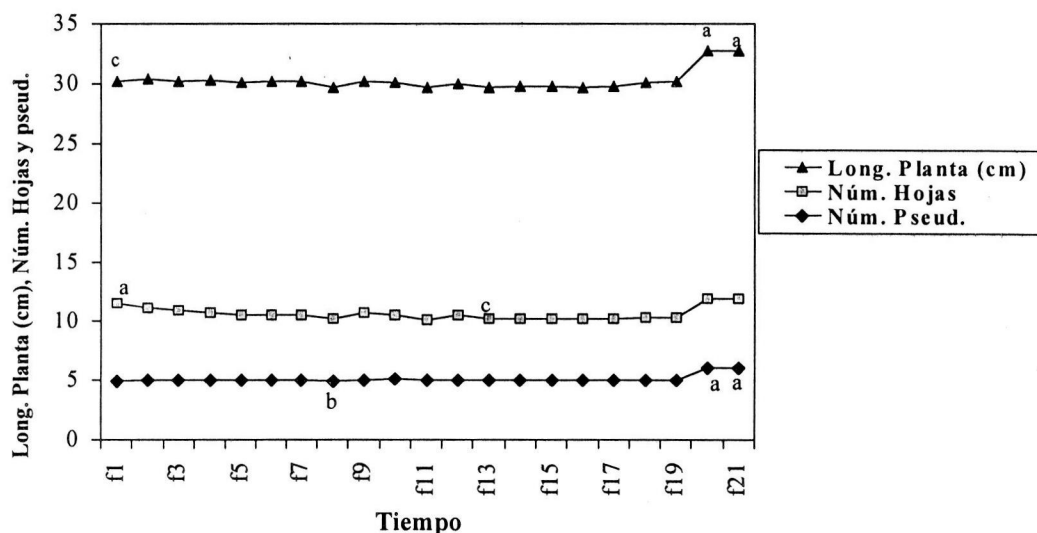


Figura 15. Efecto de la fertilización foliar en plantas de *Cattleya aurantiaca* a través del tiempo

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

f1=16/sep/00, f2=30/sep/00, f3=14/oct/00, f4=28/oct/00, f5=11/nov/00, f6=25/nov/00, f7=9/dic/00, f8=23/dic/00, f9=9/ene/01, f10=20/ene/01, f11=3/feb/01, f12=17/feb/01, f13=3/mar/01, f14=17/mar/01, f15=31/mar/01, f16=14/abr/01, f17=28/abr/01, f18=12/may/01, f19=26/may/01, f20=9/jun/01 y f21=24/jun/01.

La floración para esta especie fue del 23 de diciembre del 2000 al 3 de febrero del 2001, siendo estas fechas estadísticamente iguales. El 3 de marzo del 2001 se observó una mínima cantidad de flores (0.050), de septiembre 16 a noviembre 11 del 2000 y de abril 14 a junio 24 no se presentó la floración en las plantas de esta especie (figura 16).

El período vegetativo (figura 16) para *Cattleya* fue de agosto a octubre de 2000. Mantuvo dos periodos de brotación vegetativa, el primero fue de octubre a diciembre de

2000 y el segundo, empezó en el mes de junio (lo que sugiere que las soluciones nutritivas favorecieron el crecimiento y desarrollo de esta especie, las plantas tenían reservas de nutrimentos así que tuvieron un segundo período de producción, aunque cabe señalar que por terminación del trabajo en invernadero ya no se llevó a cabo el seguimiento del efecto de estos fertilizantes en el segundo ciclo de producción.

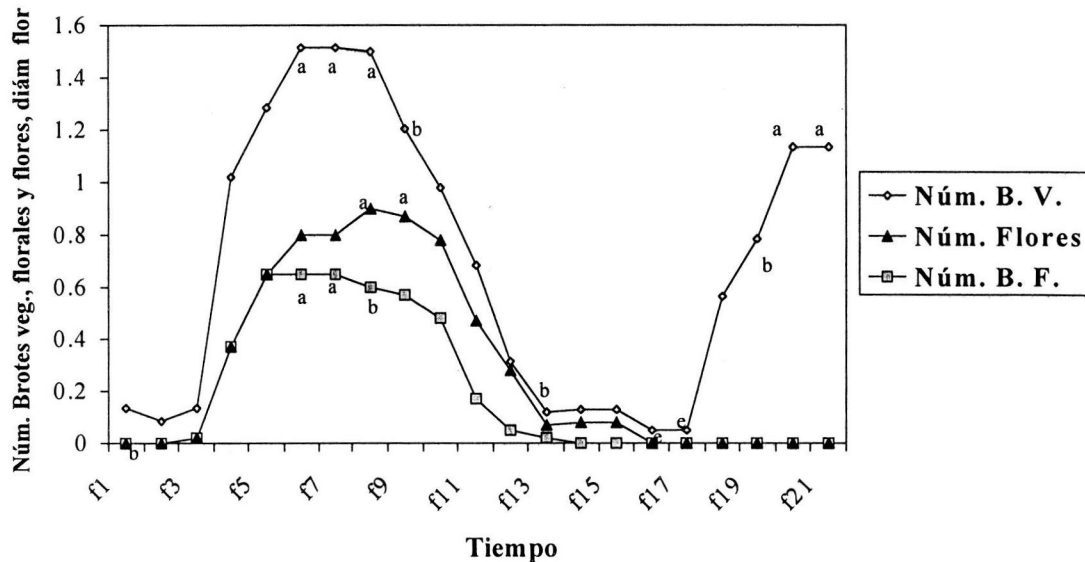


Figura 16. Efecto de la fertilización foliar en plantas de *C. aurantiaca* a través del tiempo

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$). f1= 16/sep/00, f2= 30/sep/00, f3= 14/oct/00, f4= 28/oct/00, f5= 11/nov/00, f6= 25/nov/00, f7= 9/dic/00, f8= 23/dic/00, f9= 9/ene/01, f10= 20/ene/01, f11= 3/feb/01, f12= 17/feb/01, f13= 3/mar/01, f14= 17/mar/01, f15= 31/mar/01, f16= 14/abr/01, f17= 28/abr/01, f18= 12/may/01, f19= 26/may/01, f20= 9/jun/01 y f21= 24/jun/01.

La brotación floral se dio de noviembre de 2000 hasta marzo del 2001 (es importante mencionar que la brotación floral se dio a diferentes tiempos en los diferentes tratamientos, lo cual no habla de la efectividad de cada tratamiento para acelerar o retardar la floración en ésta especie) por lo tanto el periodo de floración se extendió de noviembre 25 de 2000 hasta marzo 31 de 2001 (Figura 16).

De acuerdo con algunos investigadores el período de floración y el periodo vegetativo de ésta especie presentan una disparidad en cuanto a tiempos, Halbinger (1993) y Arditti (1992), mencionan que el periodo de floración para *Cattleya* es de

marzo a diciembre y más aún Caneva (1978) encontró que el periodo de floración comprende de octubre a diciembre.

Estos resultados quizás puedan explicarse a razón de que debido a que las condiciones (luz, temperatura, humedad, riego, fertilización, etc) a las cuales se sometieron las plantas de esta especie resultaron ser las adecuadas para que se dieran las distintas respuestas fisiológicas (período vegetativo muy corto de octubre a noviembre y el período de reproducción se extendió mucho más), y además a que se trataron con diferentes soluciones nutritivas tuvieron un período de floración desigual y por consiguiente esto pudo dar pauta a que se acortara el período vegetativo en las plantas.

Fanfani y Rossi (1989), y encuentran que utilizando un fertilizante balanceado a base de nitrógeno, fósforo y potasio 18-18-18, disuelto a razón de 1 g L⁻¹ aplicado durante 11 semanas, a mediados de la primavera e inicio del invierno y, un fertilizante con niveles altos de nitrógeno para el resto del año de 30-10-10, proveen un suplemento de nutrimentos suficiente para dar como resultado una generosa floración en las plantas de orquídeas.

Al igual que para las plantas de *C. aurantiaca* para las plantas de *L. speciosa* se dió un mayor crecimiento (16.81 cm) de éstas en junio 24 del 2001, resultando este valor estadísticamente diferente a los de los demás tiempos, el menor tamaño (14.39 cm) de la planta se dio en septiembre 16 del 2000 (Figura 17).

En la Figura 17 se observa que en septiembre 16 del 2000 se advirtió una cantidad mayor (8.871) de pseudobulbos en las plantas, no obstante, estadísticamente este valor es igual a través del tiempo, la minoría de pseudobulbos se da en abril 14 del 2001 (6.50).

A partir de junio 9 hasta junio 24 del 2001, se dio el número mayor de hojas en las plantas (3.929 y 3.956, respectivamente), siendo estas fechas significativamente diferentes a las demás. El período en el cual se observó la menor cantidad de estos órganos fue del 3 al 31 de marzo del 2001, resultando estos tiempos estadísticamente iguales (Figura 17).

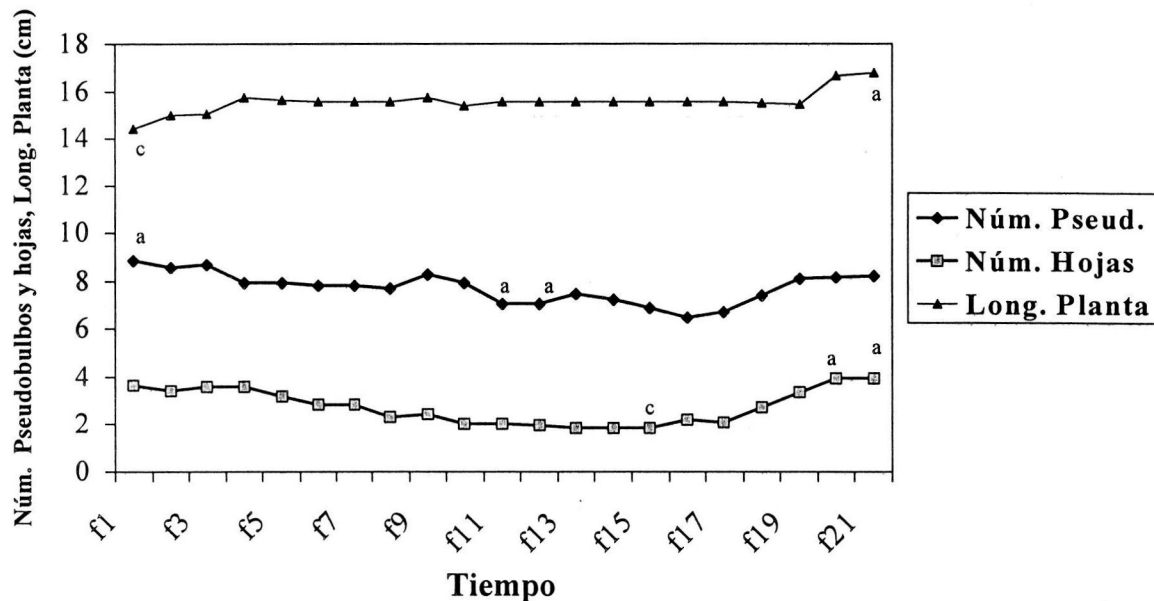


Figura 17. Efecto de la fertilización foliar en plantas de *Laelia speciosa*

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

f1= 16/sep/00, f2= 30/sep/00, f3= 14/oct/00, f4= 28/oct/00, f5= 11/nov/00, f6= 25/nov/00, f7= 9/dic/00, f8= 23/dic/00, f9= 9/ene/01, f10= 20/ene/01, f11= 3/feb/01, f12= 17/feb/01, f13= 3/mar/01, f14= 17/mar/01, f15= 31/mar/01, f16= 14/abr/01, f17= 28/abr/01, f18= 12/may/01, f19= 26/may/01, f20= 9/jun/01 y f21= 24/jun/01.

De marzo 3 a mayo 12 del 2001 se observó la mayor brotación vegetativa (Figura 18), siendo estos tiempos estadísticamente diferentes a los demás, aunque en mayo 12 del mismo año es mayor el número de brotes (1.114) y en junio 9 casi las plantas ya no generaron brotes vegetativos (0.214) (aunque cabe aclarar que una vez levantado el experimento ya no se tomaron en cuenta los nuevos brotes que pudieron surgir después

de junio 24 del 2001). De septiembre 16 a diciembre 23 del 2000 y de enero 6 a febrero 17 del 2001, las plantas no generaron brotes vegetativos (Figura 18).

De abril 14 a junio 24 del 2001 se dio la etapa de brotación floral, sin embargo, aunque a través del tiempo no se observaron diferencias significativas estadísticamente a través de éstas fechas, en mayo 12 del mismo año se dio la brotación floral para esta especie. Del 16 al 23 de diciembre del 2000 y de enero 6 a marzo 31 del 2001, las plantas no lanzaron brotes florales (Figura 18).

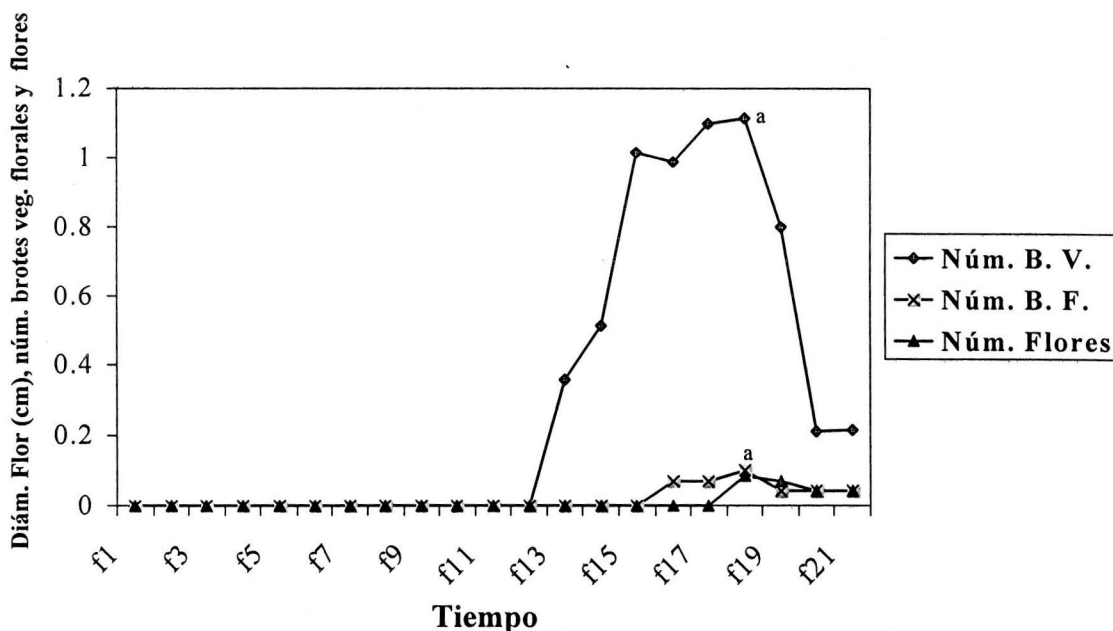


Figura 18. Efecto de la fertilización foliar en plantas de *Laelia speciosa* a través del tiempo

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

f1= 16/sep/00, f2= 30/sep/00, f3= 14/oct/00, f4= 28/oct/00, f5= 11/nov/00, f6= 25/nov/00, f7= 9/dic/00, f8= 23/dic/00, f9= 9/ene/01, f10= 20/ene/01, f11= 3/feb/01, f12= 17/feb/01, f13= 3/mar/01, f14= 17/mar/01, f15= 31/mar/01, f16= 14/abr/01, f17= 28/abr/01, f18= 12/may/01, f19= 26/may/01, f20= 9/jun/01 y f21= 24/jun/01.

La floración (Figura 18) de esta especie se presentó del 12 de mayo al 24 de junio del 2001, siendo en mayo donde se observó la mayor cantidad de estas (0.086), cabe mencionar que quizás si el experimento hubiese permanecido más tiempo en el invernadero se podrían haber observado más número de flores. De septiembre 16 a

diciembre 23 del 2000 y de enero 6 a abril 28 del 2001 no se observaron flores en las plantas de *L. speciosa*.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que el período vegetativo en *Laelia speciosa* fue de agosto a febrero, el período reproductivo de marzo a junio y la época de floración abarca de mayo a junio (Figura 18), lo cual concuerda con Hernández (1992) y Halbinger (1993) quienes encontraron que el período de floración para esta especie abarca de mayo a junio. Esto hace pensar que ésta especie respondió muy bien a la fertilización foliar y que las soluciones nutritivas foliares que promovieron la floración fueron las adecuadas; sin embargo, hay que resaltar que es necesario tomar en cuentas las etapas fenológicas de cada especie para saber en que época es recomendable utilizar un tipo de fertilizante y a que concentración (Alcalde, s/a).

También se vió que la absorción para cada nutrimento es diferente y esta no transcurre paralela a la formación de material vegetal, puesto que los distintos nutrimentos son requeridos de acuerdo a sus funciones fisiológicas en forma integral pero diferencial en los diversos estadios del crecimiento. Como regla general se observa que la cantidad de nutrimentos en la planta aumenta continuamente con el transcurso del tiempo, a excepción de pequeñas pérdidas que pueden presentarse al final del período de crecimiento. Por ejemplo, para el caso de N, P y K (Gil, 1995).

4. 11. Análisis nutrimental final (28 de junio de 2001)

En el Cuadro 14 se observa que no existen diferencias significativas estadísticamente en el análisis final, en cuanto a la cantidad de P, K, Ca; Mg, Fe, Zn y B presentes tanto en las hojas de las plantas de *C. arantiaca* y *L. speciosa*, a excepción de la concentración de N y Mn, ya que estos elementos estadísticamente son diferente para las dos especies, siendo en *Cattleya* mayor (4.18 y 60.32 mg. kg⁻¹ respectivamente).

En este segundo análisis nutrimental se observa que la concentración de N, P, K y B aumentó en las hojas de las dos especies con respecto al análisis inicial (9 de octubre del 2000); sin embargo, la cantidad de hierro y magnesio disminuyó en *Laelia*, pero en las hojas de *Cattleya* la concentración de éstos elementos aumentó (a excepción de la del Mg, ya que la concentración de éste elemento permaneció igual tanto en el análisis inicial como en el final); comparada con la obtenida en el primer análisis nutrimental (Cuadro 11), mientras que la concentración de calcio aumentó en las hojas de *Cattleya* pero en las de *Laelia* permaneció igual. La concentración de Mn disminuyó en las hojas de las dos especies (Cuadro 14).

Las plantas de *Laelia* en este segundo análisis estaban en una época reproductiva (floración), entonces había mayor actividad metabólica y mayor retranslocación de nutrimentos, quizás por este motivo es que se observó que las concentraciones de algunos elementos nutritivos en hojas son menores en esta especie comparados con los obtenidos para *Cattleya* (Cuadro 14).

Cuadro 14. Contenido nutrimental antes y después de la fertilización foliar en las hojas de las plantas de *Cattleya* y *Laelia*

Especie	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
	(%)					(mg. kg ⁻¹)			
	Análisis inicial (9 de octubre del 2000)								
<i>C. aurantiaca</i>	0.100 ^x	0.150	1.160	1.810	0.277	50.00	15.00	100.00	20.98
<i>L. speciosa</i>	1.28	0.07	1.967	1.957	0.480	178.3	13.86	60.67	0.110
	Análisis final (28 de junio del 2001)								
<i>C. arantiaca</i>	4.18 a ^y	0.37 a	2.13 a	2.11 a	0.40 a	68.02 a	13.12 a	60.32 a	35.46 a
<i>L. speciosa</i>	2.66 b ^z	0.39 a	3.02 a	1.96 a	0.47 a	64.75 a	14.77 a	21.88 b	26.06 a
DMS	1.108	0.043	0.479	0.604	0.104	14.16	5.43	16.09	16.56

^x los valores promedio se obtuvieron de 18 observaciones. ^y Los valores promedio se obtuvieron de 20 observaciones. ^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

DMS= Diferencia mínima significativa.

Para el caso del nitrógeno la concentración de éste (y otros) elementos disminuyó considerablemente en las hojas en la etapa de diferenciación, tal vez es por esto que se

obtuvieron estas diferencias tan marcadas en la concentración de los nutrimentos en estas dos especies puesto que *Laelia* cuando se realizó este segundo muestreo para el análisis nutrimental se encontraba en la época de reproducción intensa, cuando se observa la absorción de nutrimentos acelerada, y cuando se presentan épocas de mayor requerimiento, y por lo tanto los elementos que se encuentran en menor concentración (en comparación con *Cattleya*) posiblemente porque se estaban retranslocando y siendo utilizados en mayor proporción para la producción ya sea de brotes o de flores, por lo que las hojas de *Laelia* tienen menor proporción de N, Ca, Fe, Mn y B en comparación con las hojas de *Cattleya* y al ser elementos lo bastante móviles por el floema es probable que se estuvieran utilizando en sitios de intensa demanda como son los brotes vegetativos, florales y flores.

Entonces las plantas de *Laelia* al realizar este segundo análisis nutrimental se encontraban en una época de crecimiento intensa, por lo tanto, estos elementos fácilmente se incorporaron a nuevas estructuras donde son requeridos con mayor intensidad, con esto es de esperarse que estos elementos móviles dentro de la planta se encuentren en mayor proporción en los tejidos jóvenes (Arditti, 1992; Alcalde (s/a)).

En cuanto a la concentración de Fe, como este elemento se encontraba en mayor proporción en el primer análisis que en el segundo (Cuadros 6 y 14) y se puede sugerir que éstas especies necesitan el hierro en pequeñas concentraciones para llevar a cabo sus funciones metabólicas así como fisiológicas. Reuter y Robinson (1988) encontraron que los niveles óptimos de hierro y boro para el crecimiento de plantas de *Cattleya* se encuentran entre 50 a 150 mg kg⁻¹ para el primero y entre 20 y 100 mg kg⁻¹ para el segundo, mientras que para las plantas de *Phalaenopsis* estos niveles están entre 100 a 400 mg kg⁻¹ para el hierro y entre 40 a 100 mg kg⁻¹ para el boro, esto sugiere que la

concentración de estos dos elementos obtenidos en las plantas tanto de *Cattleya* como de *Laelia* es la que requieren estas especies para sus crecimiento ya que en ningún momento se observaron síntomas de deficiencia por estos nutrimentos, por lo que cada especie tiene requerimientos especiales de cada nutrimento y los necesitan en diferentes concentraciones.

4. 12. Efecto de la fertilización foliar sobre el contenido de nutrimentos

En el cuadro 15 se puede determinar que aunque no existieron diferencias estadísticas significativas en cuanto a la acumulación de los macro y micronutrimentos en las plantas de *Cattleya* y *Laelia* tratadas con las diferentes soluciones nutritivas, el mejor tratamiento para la acumulación de N fue la solución de 100 mg L⁻¹ de K, para la mayor acumulación de P y Mn fue la solución de 35 mg L⁻¹ de P, existió mayor acumulación de K en las plantas tratadas con la solución de 70 100 mg L⁻¹ de P, la mayor acumulación de Ca y Fe fue en el tratamiento a base de riego con agua de la llave, las plantas fertilizadas con 200 100 mg L⁻¹ de K acumularon más Mg, las fertilizadas con la solución de 100 100 mg L⁻¹ de N acumularon más Mn y las tratadas con la solución de Steiner al 100 % acumularon más boro. Sin embargo, no existió un efecto diferencial de los tratamientos sobre el contenido nutrimental (Cuadro 15).

Al observar todos estos resultados se puede pensar que las plantas tanto de *Cattleya* como de *Laelia* dependiendo de la solución nutritiva foliar que se utilizó, absorbieron en mayor o menor grado los elementos nutritivos.

Cabe mencionar que hierro y calcio se encontraron en mayor proporción en las plantas que se regaron únicamente con agua, quizás debi a que el sustrato que se utilizó (tezontle) aportó más cantidad de estos elementos (0.82 % de Ca y 0.10 mg kg⁻¹ de Fe, Reuter y Robinson, 1988) y que las plantas lo absorbieron preferentemente por raíz, o

probablemente en función de la cantidad de estos presentes en el agua (corriente de la llave) de riego.

Cuadro 15. Efecto de los diferentes tratamientos de fertilización foliar en la concentración nutrimental de hojas de *C. avarantiaca* y *L. speciosa*

Tratamiento	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
	(%)					(mg.kg ⁻¹)			
Steiner 100%	3.53 a ^y	0.37 a ^z	2.96 a	1.99 a	0.39 a	67.09 a	16.04 a	24.81 a	40.43 a
50% Steiner	3.94 a	0.39 a	2.86 a	2.01 a	0.34 a	60.01 a	15.93 a	34.56 a	40.42 a
25% Steiner	3.43 a	0.37 a	2.66 a	2.46 a	0.46 a	65.83 a	9.17 a	40.76 a	20.92 a
200 100 mg L ⁻¹ N	3.34 a	0.30 a	2.34 a	1.67 a	0.51 a	61.68 a	14.87 a	25.81 a	18.26 a
100 100 mg L ⁻¹ N	3.06 a	0.40 a	2.29 a	2.17 a	0.55 a	59.34 a	19.08 a	49.64 a	36.88 a
200 mg L ⁻¹ K	3.85 a	0.39 a	2.63 a	1.99 a	0.56 a	66.84 a	9.48 a	55.14 a	33.33 a
100 mg L ⁻¹ K	4.04 a	0.40 a	2.90 a	2.07 a	0.34 a	55.63 a	12.88 a	35.56 a	34.22 a
70 mg L ⁻¹ P	3.16 a	0.39 a	3.01 a	1.71 a	0.37 a	68.13 a	14.82 a	39.40 a	20.92 a
35 mg L ⁻¹ P	3.48 a	0.41 a	1.83 a	1.66 a	0.41 a	72.88 a	13.58 a	59.64 a	34.22 a
Testigo	2.41 a	0.36 a	2.22 a	2.62 a	0.38 a	86.48 a	13.57 a	45.73 a	28.01 a
DMS	4.44	0.173	1.92	2.42	0.418	56.78	21.79	64.55	66.43

^y Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

^z Los promedios se obtuvieron de 20 observaciones (10 para *Cattleya* y 10 para *Laelia*).
DMS= Diferencia mínima significativa.

Dado que los valores de concentración de nutrientes al final del experimento nos revelan que la concentración de P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y B cae dentro de los niveles de suficiencia (0.13 a 0.7 % para P, 2.0 a 3.5% para K, 0.50 a 2.0% para Ca, 0.30 a 0.70% para Mg, 50 a 200 100 mg kg⁻¹ para Fe, 40 a 200 100 mg kg⁻¹ para Mn y de 25 a 75 100 mg kg⁻¹ para boro; Benton *et al.*, 1991) para el desarrollo de las plantas, podemos decir que las tasas de fertilización foliar tanto para *Cattleya* como para *Laelia* no fueron excesivas.

Aunado a esto, también se puede suponer que al ser éste un análisis general de todos los efectos de los fertilizantes foliares en su conjunto (y no es un análisis para cada especie), no podamos ver diferencias marcadas entre cada tratamiento; sin embargo, este análisis nos da un panorama general de lo que sucedió cuando las plantas de las dos

especies de orquídeas se fertilizaron con diferentes soluciones nutritivas y a diferentes concentraciones.

Cabe señalar que este análisis nutrimental sería más completo si se hubiese realizado con diferentes repeticiones para cada tratamiento foliar y para cada órgano de las plantas muestreadas, lo que daría una idea general de qué es lo que está pasando cuando los fertilizantes se asperjan foliarmente y que cantidad de estos son retranslocados y utilizados en mayor proporción por los sitios de demanda.

5. CONCLUSIONES

Existen diferencias anatómicas en *Cattleya aurantiaca* y en *Laelia speciosa* tanto en hoja como en raíz. En la raíz de *Cattleya* se observó gran proporción de médula, mientras que en la de *Laelia* no se observó médula. En las hojas de *Laelia speciosa*, los haces vasculares son de mayor tamaño que en los de *Cattleya*.

La cutícula de las hojas de *Laelia* es más gruesa que la de *Cattleya*. Las hojas de *L. speciosa* presentan diferencias en el grosor en la epidermis abaxial, siendo ésta en las dos especies más gruesa que la adaxial.

Las hojas de *C. aurantiaca* tienen mayor área foliar.

Existen diferencias anatómicas de tamaño y de forma entre los estomas de las dos especies, tanto *Cattleya aurantiaca* como *Laelia speciosa* tienen estomas solamente en la parte abaxial de las hojas.

Hay mayor número de estomas o frecuencia estomática, mayor número de células epidérmicas y mayor índice estomático en *Cattleya aurantica* (especie cultivada) en comparación con *Laelia speciosa* (especie silvestre). Los estomas de *L. speciosa* tienen dimensiones mayores que los de *C. aurantiaca*, tanto en lo largo como en lo ancho.

Las plantas de *C. aurantiaca* y *L. speciosa* respondieron a la fertilización foliar, aunque de manera diferente.

La efectividad de los tratamientos dependió de la fenología de la planta y de la especie.

Las plantas de *Cattleya* respondieron mejor a la fertilización a base de la solución de Steiner 100% (para longitud de la planta), 50% (para brotación floral) y 25% (para

generación de hojas y pseudobulbos), a bajas concentraciones de P (35 mg L^{-1}) para la brotación vegetativa y a concentraciones altas de K (100 mg L^{-1}) para la floración.

Las plantas de *Laelia* responden mejor a las bajas concentraciones de fertilización foliar a base de P (35 mg L^{-1}) para la longitud de la planta, la brotación vegetativa, floral y para la floración y; a concentraciones bajas de K (100 mg L^{-1}) para la generación de pseudobulbos.

Dependiendo de la composición de la solución nutritiva, de la especie, de la edad de la planta, del estado fenológico de ésta, del genotipo y de las condiciones de invernadero, las plantas absorbieron y acumularon diferentes elementos.

6. LITERATURA CITADA

- Alcalde, B. S. s/a. Apuntes de Nutrición Vegetal. Universidad Autónoma Chapingo. 311 pp.
- Alderete, Ch, A y G. S. Carpello. 1988. Orquídeas de Tabasco. Gobierno del estado de Tabasco. Instituto Nacional de Investigaciones Sobre Recursos Bióticos. 150 pp.
- Arditti, J. 1967. Factors affecting the germination of Orchid seeds. *Botanical Review*. 33:1-97.
- Arditti, J. 1982. *Orchid Biology, Reviews and Perspectives*, III. Cornell University Press, Ithaca and London. 390 pp.
- Arditti, J. 1990. *Fundamentals of Orchid Biology*. John Wiley & Sons. New York. USA. 691 pp.
- BANCOMEXT. 1994. La floricultura mexicana en el contexto internacional. México, D.F. 23 pp.
- Barden, A. J. 1978. Apple leaves, their morphology and photosynthetic potential. *HortScience*. 13: 644-646.
- Benton, J., B. Wolf Jr, and H. A. Mills. 1991. *Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide*. Micro-Macro Publising, Inc. p. 145.
- Benzing, D. H. 1989. The mineral nutrition of epiphytes. *In: Vascular plants as epiphytes: evolution and ecophysiology*. Luttge, U (ed). Springer, Berlin. pp: 167-199

- Benzing, D. H and A. Renfrow. 1980. The nutritional dynamics of *Tillandsia circinnata* in southern Florida and the origin of the "air plant" strategy. Bot. Gaz. 141(2):165-172.
- Boote, K. E. and E. A. Baker. 1979. Peach leaf surfaces: changes in wettability, retention, cuticular permeability and epicuticular wax chemistry during expansion with special reference to spray application. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104:611-617.
- Cabrera, C. T. G. 1995. Las orquídeas. En plantas de Chiapas, usos, valores e importancia. Yasthé. Instituto de Historia Natural. No. 8. 8pp.
- Chapman, H. D., and P. E. Pratt. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trad. del inglés por A. Contin. Editorial Trillas. México, D. F. 195 pp.
- Caneva, S. 1978. Orquídeas: Principales Géneros y Especies, su Cultivo. Albatros. Buenos Aires, Argentina. 230 pp.
- Cronquist, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. Columbia University Press. New York. 1262 pp.
- Dressler, L. R. 1981. The Orchid Natural History and Classification. Harvard University Press. Cambridge Massachusetts and London England. 332 pp.
- Dressler, L. R. 1993. Phylogeny and Classification of the Orchid Family. Dioscorides Press. Portland, Oregon. 314 pp.
- Esau, K. 1976. Anatomía Vegetal. Ed. Omega. Barcelona, España. 779 pp.
- Esau, K. 1985. Anatomía Vegetal. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. 779 pp.
- Fahn, A. 1982. Plant Anatomy. 3ra edic. Pergamon Press. London. 544 pp.
- Fanfani, A. and Rossi. 1989. Guide to Orchids. 1st ed. Simon & Schusters INC. U.S.A. 255 p.

- FAO. 1990. Soilles Culture for Horticultural Crop Production. Plant Production and Protection Paper. No. 101. Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome. pp: 95-118.
- Gil, M. 1995. Fisiología Vegetal. Edic. Mundi Prensa, Barcelona, España. 1147 pp.
- Goh, C. I. And M. Kluge. 1989. Gas Exchange and Water Relations in Epiphytic Orchids. *In: Vascular plants as epiphytes. Evolution and ecophysiology.* Luttge U. (ed). Springer-Verlant, Germany. pp: 139-163.
- Gray, R. C. 1977. Foliar fertilization with primary nutrients during the reproductive stage of plant growth. Muscle Shoals, Ala, Tennessee Valley Authority.
- Hagsater, E. 1974. Medio de Cultivo Para Orquídeas. Orquídeas (México). 4(3):75-79.
- Halbinger, F. 1993. Laelias de México. Asociación Nacional de orquideología, A. C. México. 71 pp.
- Hale, V. Q. and A. Wallace. 1962. Effect of chelating agents and iron chelates on absorbtion of Mn by bush beans. *In: A decade of synthetic chelating agents in inorganic plant nutrition.* A. Wallace (ed). Edward Bros., Ann Arbor, Mich. pp: 107-117.
- Hernández, A. M. 1992. Dinámica de Poblaciones de *Laelia speciosa* (H. B. K.) Schltr. Lic. en Biología. 138 pp. Facultad de Ciencias. UNAM. 138 pp.
- Hew, C., Y. L. Lim and C. M. Low. 1993. Nitrogen uptake by tropical orchids. *Environmental and Experimental Botany.* 33(2): 273-281.
- Hoshi , Y., K. Kondo, K and S Hamatani. 1994. *In Vitro* Seed Germination of Four Asiatic Taxa of *Cypripedium montanum*. *Lindleyana.* 9(2):93-97.
- Huerta, A. C. R. 1994. *Laelia anceps* Lindl. "Monjitas". *In: epífitas y otras plantas.* Asoc. Mex. de Orquideología, sección Córdoba, Ver. No. 2. pp 5-7.

- Hutchinson, J. 1973. The families of flowering plants. Arranged according to a new system based on their probable phylogeny. 3rd. ed. Otto. Koeltz Science Publishers. Germany. 968 pp.
- I. U. C. N. (INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE). 1985. Rare ant Threatened Plant List. Threatened Plant Comitee Botanic Garden Conservation, Coordinating Body, Kew, England.
- Johansen, D. A. 1940. Plant Microtechnique. McGraw-Hill, New York, USA. 503 pp.
- Kaiser, R. 1994. The Scent of Orchids, Olfatory and Chemical Investigations. Roche, Basel. U. S. A. 258 pp.
- Kappel, F. and J. A. Flore. 1983. Effect of sinade on photosynthesis, especific leaf weight, leaf chlorophyll and morphology of young peach trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(4): 541-544.
- Kuang, J. C. y Gónzales V. L. 1993. introducción al cultivo y manejo de las orquídeas. Inst. Nac. de Aprendizaje. Dirección de Docencia. Fitotecnia. San José, Costa Rica. 124 pp.
- Larson, L. A. 1988. Introducción a la Floricultura. AGT Editor. Chapingo Texcoco, México. 359 pp.
- Lee, N. 1991. Juvenility in *Phalaenopsis*. Proc. Symposium on Forcing Culture of Hort. Crops. 11: 77-86. Taiwan, Rep. Of China.
- Lee, N. And G. M. Lin. 1987. Controlling the flowering of *Phalaenopsis*. In: Proc. Symp. on Forcing Culture Hort. Crops. (Ed) Chang, L. R. Special Pub. No. 10. Taichung District Agric. Improv. Sta., Taiwan, Republic of China. p 27-44.
- Lowdermmilk, W. C. 1995. Nutrientes esenciales para las plantas. In: Manual de fertilizantes para horticultura. Soil Improvement Committee. California Fertilizer Association (ed). UTEHA. Noriega Editores, México. pp. 13-139.

- Manrique, R. 1993. Greenhouse crops: a review. *Journal of Plant Nutrition*. 16(12): 2411-2477.
- Marden, C. 1990. *Orchids for the Home and Green House*. Brooklyn Botanic Garden, N. Y. 88 pp.
- Medina, E. 1977. *Introducción a la ecofisiología Vegetal*. Ed. Organización de las Naciones Unidas. Washington, D. C. U. S. A. 102 pp.
- Meidner, H, and T. A. Mansfield. 1968. *Physiology of Stomata*. Ed. McGraw-Hill. London. 179 pp.
- Miceli, M. C. L., J. A. Alcázar Ruíz, G. Buda Arango, F. corzo Hdéz., M. Selvas Cruz. 1995. orquideario. *Boletín Informativo*. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. No. 4. 6 pp.
- Mora, M. I. 1994. Qué es una orquídea. *In* : epífitas y otras plantas. Asoc. Mex. de Orquideología, Sección Córdoba, Ver. No. 2. pp: 3-4.
- Orquídeas. 1980. Museo Nacional de Costa Rica. Depto. De Historia Natural. pp: 1-40.
- Poole, H. A., and T. J. Sheehan. 1973. Chemical composition of plant parts of *Cattleya* orchids. *Amer. Orchid. Soc. Bull.* 43: 242-246.
- Poole, H. A., and T. J. Sheehan. 1982. Mineral nutrition of orchids. *In*: *Orchid Biology: Reviews and Perspectives*. J. Arditti (ed). Vol. II. Cornell University Press, Ithaca, NY pp: 195-212.
- Powell, C. Ll., I. C. Kate, R. A. Litter and I. Warrington. 1988. Effect of temperature regime and nitrogen fertilizer level on vegetative and reproductive bud development in *Cymbidium* orchids. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(4): 552-556.
- Pridgeon, A. M. 1983. Anatomical adaptations in Orchidacea. *Lindleyana*. 1: 90-101.
- Pridgeon, A. M. 1987. The velamen and exodermis of orchids roots. *In*: *Orchid biology: reviews and perspectives*. J. Arditti (ed). Vol. II. Cornell University Press, Ithaca, NY. p 141-192.

- Reed, D. W. and Jr. H. R. Tukey. 1979. effects of pH on foliar absorption on phosphorus compounds by *chysanthemum*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 103:337-340.
- Reuter, D. J. and J. B. Robinson. 1988. Plant Analysis. An Interpretation Manual. Inkata Press. Melbourne. Sidney, Australia. 216 pp.
- Rivera, P. E. 1984. Variación de *Laelia anceps*. En: Epífitas y Otras Plantas. Asoc. Mex. de Orquideología, Sección Córdoba, Ver. No. 2. pp: 8-9.
- Salinger, J. S. 1991. *Cymbidium*. In: Producción de commercial de flores. Fábregas, G. F (Trad). Edit. Acribia, S. A. pp: 245-259.
- Salisbury, F. B. y C. W. Ross. 1994. Fisiología Vegetal. Grupo Editorial Iberoamericana, México. 798 pp.
- Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología. 1991. Diario Oficial de la Federación. 17 de mayo de 1991. pp: 9-11, 14-17 y 21.
- Seesler, J. G. 1978. Orchids and How to Grow Them. 1st ed. Prentice-Hall, INC. Englewood, Ciffs. N. J. 370 pp.
- Smith, H. 1981. Comentaries in Plant Science. Pergamon Press. USA. 657 pp.
- Smith, F. W. 1988. Interpretation of Plant Analysis. Concepts and Principles. In: Plant analysis. An interpretation manual. Reuter D. J. and J. B. Robinson (Eds). Inkata Press. Melbourne, Sydney, Australia. pp: 1-12
- Stacanto, G. C. and R. T Faria. 1996. In *Vitro* Growth and Mineral Nutrition of the Lithophytic Orchid *Laelia cinnabarina* Batem. (Orchidaceae) I: Effects of Macro and Microelements. Lindleyana. 11(1): 41-43.
- Strasburger, E., F. Noll, H. Schenck, y A. F. W. Scimper. 1988. Tratado de Botánica. 32a. edic. Barcelona, España. 1098 pp.
- Stuessy, T. F. 1990. Plant Taxonomy. The Systematic Evaluation of Comparative Data. Columbia University Press. New York.

- Sushan, S. 1959. Developmental anatomy of an orchid, *Cattleya* x *Trimos*. In: The Orchid.. C. L. Withner (ed). Ronald Press. Co. New York. pp: 45-72.
- Tyson, N. R. 1955. Home Orchid Growing. 4ta. ed. Prentice Hall Press. New -York. 376 pp.
- Wang, T. Y. and Gregg L. L. 1994. Medium and fertilizer effect thr performance of *Phalaenopsis* orchids during two flowering cycles. HortScience. 29(4): 269-271.
- Wang, T. Y. 1996. Effects of six fertilizers on vegetative growth and flowering of *Phalaenopsis* orchids. Scientia Horticulturae. 65: 191-197.
- Wang, T. Y. 1998. Deferring flowering of greenhouse-grown *Phalaenopsis* orchids by alternating dark and light. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 123(1): 56-60.
- Weyers, D. B. and H. Meidner. 1990. Methods in Stomatal Research. Longman Scientific & Technical. Great Britain. 133 pp.
- Weberling, F. 1987. Botánica Sistemática. Omega. Barcelona, España. 154-156 pp.
- Weier, E. T., C. R. Stocking y M. G. Barbour. 1983. Botánica. 5ta. Ed. Limusa, México. 741 pp.
- Whitham, H. F., F. D. Blaydes and R. M. Devlin. 1971. experiments in Plant Physiology. Ed van Nostrand Reinhold. New York. U. S. A. 245 pp.
- Wilcock, D. 1973. Fertilizing and allied factors. Amer. Orchids Soc. Bull. 42: 909-917.
- Willmer, M. C. 1983. Stomata. Longman, Inc. New York. 166 pp.
- Yamaguchi, S. 1979. Determination of several elements in orchid plants parts by neutron activation analysis. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 104: 739-742.

7. ANEXOS

Anexo 1. Diámetro de flor de las plantas de orquídeas obtenido en la investigación de esta tesis

Especie	Diámetro de flor (cm)
<i>Cattleya aurantiaca</i>	2.4-3.7 cm
<i>Laelia speciosa</i>	10-15 cm

Anexo 2. Contenido nutrimental del sustrato proveniente de la colecta de plantas de *Laelia speciosa*

N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
(%)					(mg kg ⁻¹)			
1.46 ^y	0.18	0.4	72.35	0.31	4380	55	457.9	0.18

^y El promedio se obtuvo de un total de 3 repeticiones.

Anexo 3. Cuadrados medios de los análisis de varianza para las variables de crecimiento evaluadas en las plantas de *Laelia speciosa*

FV	LP	NBV	NBF	NP	NH	NF	DF
GL	9	9	9	9	9		
Error	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309
Total	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729
CM	2995.27*	0.790*	0.660*	94.41*	156.33*	0.243*	3.15*
SC	332.81	7.11	4.94	849.69	1406.94	2.18	28.35
CV	22.50	130.38	239.71	40.28	48.50	587.27	804.73

^{NS} No significativo ($P \leq 0.05$). * Significativo ($P \leq 0.05$).

FV = Fuente de variación, LP = longitud de la planta, NBV = número de brotes vegetativos, NBF = número de brotes florales, NP = número de pseudobulbos, NH = número de hojas, NF = número de flores, DF = diámetro de flor, GL = grados de libertad, CM = cuadrados medios SC = suma de cuadrados y CV = coeficiente de variación (%).

Anexo 4. Cuadrados medios de los análisis de varianza para las variables de crecimiento evaluadas en las plantas de *Cattleya aurantiaca*.

FV	LP	NBV	NBF	NP	NH	NF	DF
GL	9	9	9	9	9	9	9
Error	1250	1250	1250	1250	1250	1250	1250
Total	1259	1259	1259	1259	1259	1259	1259
CM	562.86*	1.66*	1.16*	51.08*	126.10*	0.3824	1.44*
SC	5065.73	14.98	10.42	459.70	1134.87	3.44	12.98
CV	21.03	154.84	233.26	23.84	38.76	456.40	511.70

^{NS} No significativo ($P \leq 0.05$). * Significativo ($P \leq 0.05$).

FV = Fuente de variación, LP = longitud de la planta, NBV = número de brotes vegetativos, NBF = número de brotes florales, NP = número de pseudobulbos, NH = número de hojas, NF = número de flores, DF = diámetro de flor, GL = grados de libertad, CM = cuadrados medios SC = suma de cuadrados y CV = coeficiente de variación (%).

Anexo 5. Desviación estándar de los diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de *Cattleya aurantiaca*.

Tratamiento	Long. Planta (cm)	Núm. Brot. Veg.	Núm. Brot. Flor	Núm. Pseud.	Núm. Hojas	Núm. Flores	Ø Flor (cm)
Steiner 100%	3.35 ^y	0.701	0.44	0.909	1.95	0.48	0.59
50% Steiner	4.66	0.756	0.27	0.820	1.20	0.39	0.98
25% Steiner	3.45	0.630	0.92	0.879	2.07	0.46	0.83
200 ppm N	2.91	0.453	0.39	1.137	1.54	0.41	0.87
100 ppm N	1.79	0.519	0.41	1.199	1.65	0.29	0.52
200 ppm K	5.25	0.545	0.44	1.394	1.50	0.65	0.42
100 ppm K	3.92	0.590	0.44	2.091	4.15	0.35	0.65
70 ppm P	4.84	0.616	0.56	1.359	209	0.28	0.30
35 ppm P	4.50	0.776	0.38	1.115	2.07	0.25	0.30
Testigo	5.34	0.428	0.27	0.574	1.83	0	0.44

^y Las desviaciones estándar se realizaron de un total de 1260 observaciones

Anexo 6. Cuadrados medios de los análisis de varianza para las variables de crecimiento evaluadas en las plantas de *Laelia speciosa*.

FV	LP	NBV	NBF	NP	NH	NF	DF
GL	9	9	9	9	9	9	9
Error	1460	1460	1460	1460	1460	1460	1460
Total	1469	1469	1469	1469	1469	1469	1469
CM	428.58*	0.089 ^{NS}	0.044*	173.93*	69.73*	0.021 ^{NS}	3.528 ^{NS}
SC	3857.24	0.80	0.394	1565.40	627.61	0.191	31.755
CV	21.17	195.46	845.79	42.18	64.61	922.37	932.21

^{NS} No significativo ($P \leq 0.05$). * Significativo ($P \leq 0.05$). FV = Fuente de variación, LP = longitud de la planta, NBV = número de brotes vegetativos, NBF = número de brotes florales, NP = número de pseudobulbos, NH = número de hojas, NF = número de flores, DF = diámetro de flor, GL = grados de libertad, CM = cuadrados medios SC = suma de cuadrados y CV = coeficiente de variación (%).

Anexo 7. Desviación estándar de los diferentes tratamientos de fertilización foliar en plantas de *Laelia speciosa*.

Tratamiento	Long. Planta (cm)	Núm. Brot. Veg.	Núm. Brot. Flor	Núm. Pseud.	Núm. Hojas	Núm. Flores	Ø Flor (cm)
Steiner 100%	3.94	0.576	0	3.25	2.50	0	0
50% Steiner	3.65	0.672	0	3.30	2.29	0	0
25% Steiner	2.95	0.606	0	4.10	1.32	0	0
200 ppm N	4.28	0.521	0.116	2.33	0.87	0.116	1.68
100 ppm N	3.17	0.571	0.163	2.21	1.82	0.163	1.67
200 ppm K	2.82	0.583	0.116	2.23	1.14	0.116	1.24
100 ppm K	2.57	0.575	0.142	4.37	1.19	0.116	1.74
70 ppm P	2.47	0.583	0.082	3.45	2.07	0.116	1.39
35 ppm P	4.17	0.664	0.228	3.55	1.85	0.182	2.53
Testigo	2.18	0.504	0	2.99	1.90	0	0

Anexo 8. Cuadrados medios de los análisis de varianza para el efecto general de los diferentes fertilizantes foliares en las plantas de las dos especies.

FV	LP	NBV	NBF	NP	NH	NF	DF
GL	1	1	1	1	1	1	1
Error	2309	2309	2309	2309	2309	2309	2309
Total	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729
CM	11527.79*	6.03*	26.24*	4692.51*	5303.64*	3.73*	0.449*
SC	11527.79	6.03	26.24	4692.51	5303.64	3.73	0.449
CV	22.50	130.38	239.71	47.28	48.56	587.27	804.73

^{NS} No significativo ($P \leq 0.05$). * Significativo ($P \leq 0.05$). FV = Fuente de variación, LP = longitud de la planta, NBV = número de brotes vegetativos, NBF = número de brotes florales, NP = número de pseudobulbos, NH = número de hojas, NF = número de flores, DF = diámetro de flor, GL = grados de libertad, CM = cuadrados medios SC = suma de cuadrados y CV = coeficiente de variación (%).

Anexo 10. Cuadrados medios de los análisis de varianza para el comportamiento de las plantas de *Cattleya* y *Laelia* a través del tiempo.

FV	LP	NBV	NBF	NP	NH	NF	DF
GL	180	180	180	180	180	180	180
Error	2304	2304	2304	2304	2304	2304	2304
Total	2729	2729	2729	2729	2729	2729	2729
CM	428.62 ^{NS}	44.60*	37.99*	330.45 ^{NS}	242.93 ^{NS}	12.99 ^{NS}	143.48 ^{NS}
SC	2.38	0.248	0.211	1.83	1.35	0.072	0.797
CV	22.50	130.38	239.71	40.27	48.56	587.27	804.73

^{NS} No significativo ($P \leq 0.05$). * Significativo ($P \leq 0.05$).

FV = Fuente de variación, LP = longitud de la planta, NBV = número de brotes vegetativos, NBF = número de brotes florales, NP = número de pseudobulbos, NH = número de hojas, NF = número de flores, DF = diámetro de flor, GL = grados de libertad, CM = cuadrados medios SC = suma de cuadrados y CV = coeficiente de variación (%).

Anexo 11. Efecto general de la fertilización foliar en plantas de *C. aurantiaca* y *Laelia speciosa* a través del tiempo

Tiempo	Long. Planta (cm)	Núm. Brot. Veg.	Núm. Brot. Flor.	Núm. Pseud.	Núm. Hojas	Núm. Flores	Ø Flor (cm)
septiembre 16	16.37 a	0.062 efg	0 c	7.038 a	5.031 a	0 a	0 a ^z
septiembre 30	16.97 a	0.038 fg	0 c	6.900 a	4.669 a	0 a	0 a
octubre 14	17.02 a	0.054 efg	0.008 bc	6.946 a	4.685 a	0 a	0 a
octubre 28	17.50 a	0.300 bcdefg	0.169 abc	6.585 a	4.554 a	0 a	0 a
noviembre 11	17.48 a	0.292 bcdefg	0.392 a	6.577 a	4.238 ab	0 a	0 a
noviembre 25	17.46 a	0.331 bcdefg	0.300 ab	6.523 a	4.061 ab	0.069 a	0.095 a
diciembre 9	17.46 a	0.331 bcdefg	0.300 ab	6.523 a	4.061 ab	0.069 a	0.095 a
diciembre 23	17.46 a	0.277 bcdefg	0.277 abc	6.392 a	3.700 ab	0.069 a	0.095 a
enero 6	17.55 a	0.154 cdefg	0.262 abc	6.777 a	3.915 ab	0.138 a	0.121 a
enero 20	17.37 a	0.092 defg	0.223 abc	6.623 a	3.585 ab	0.138 a	0.134 a
febrero 3	17.46 a	0.100 defg	0.077 bc	6.092 a	3.477 ab	0.138 a	0.132 a
febrero 17	17.46 a	0.015 g	0.023 bc	6.138 a	3.577 ab	0.108 a	0.134 a
marzo 3	17.46 a	0.215 cdefg	0.008 bc	6.346 a	3.361 ab	0.023 a	0.078 a
marzo 17	17.46 a	0.300 bcdefg	0 c	6.169 a	3.423 ab	0.038 a	0.101 a
marzo 31	17.46 a	0.569 abcde	0 c	6.023 a	3.431 ab	0.038 a	0.101 a
abril 14	17.46 a	0.554 abcdef	0.038 bc	5.808 a	3.569 ab	0 a	0 a
abril 28	17.46 a	0.615 abcd	0.038 bc	5.908 a	3.531 ab	0 a	0 a
mayo 12	17.52 a	0.861 a	0.054 bc	6.315 a	3.869 ab	0.046 a	0.601 a
mayo 26	17.50 a	0.792 ab	0.0231 bc	6.685 a	4.238 a	0.038 a	0.490 a
junio 9	18.60 a	0.638 abc	0 c	7.154 a	4.854 a	0.023 a	0.281 a
junio 24	18.70 a	0.643 abc	0 c	7.171 a	4.876 a	0.023 a	0.283 a
DMS	4.599	0.525	0.292	3.065	2.289	0.314	1.264

^z Valores con la misma letra dentro de columnas son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$).

DMS= Diferencia mínima significativa.

Anexo 12. Cuadrados medios de los análisis de varianza para el contenido de clorofila (mg/g) en plantas de *Cattleya* y *Laelia* a través del tiempo.

	Ca Cb CT			<i>Cattleya aurantiaca</i>			<i>Laelia speciosa</i>		
	Ca	Cb	CT	Ca	Cb	CT	Ca	Cb	CT
GL	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Error	30	30	30	10	10	10	10	10	10
Total	39	39	39	19	19	19	19	19	19
CM	0.003 ^{NS}	0.001 ^{NS}	0.008 ^{NS}	0.004 ^{NS}	0.002 ^{NS}	0.011 ^{NS}	0.001 ^{NS}	0.000 ^{NS}	0.004 ^{NS}
SC	0.028	0.017	0.069	0.037	0.19	0.103	0.012	0.007	0.036
CV	0	0	0	30.76	31.94	31.62	37.03	37.47	36.67

Ca= clorofila a, Cb= clorofila b, CT= clorofila total.

Anexo 13. Variación del contenido de clorofila (mg/g) en las plantas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*, a través del tiempo.

Especie	Tiempo	Ca	DE	Cb	DE	CT	DE
Junio 28	<i>C. aurantiaca</i>	0.136	0.051	0.096	0.042	0.240	0.090
	<i>L. speciosa</i>	0.225	0.055	0.055	0.037	0.381	0.090
Octubre 9	<i>C. aurantiaca</i>	0.123	0.057	0.077	0.032	0.201	0.088
	<i>L. speciosa</i>	0.174	0.054	0.109	0.030	0.283	0.084

Ca= clorofila a, Cb= clorofila b, CT= clorofila total y DE= Desviación estándar.

Anexo 14. Cuadros medios del efecto de la fertilización foliar en la acumulación de nutrimentos en plantas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*.

FV	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
GL	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Error	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Total	17	17	17	17	17	17	17	17	17
CM	5.35*	1.95 ^{NS}	0.38 ^{NS}	0.15 ^{NS}	0.84 ^{NS}	0.56 ^{NS}	1.01 ^{NS}	0.32 ^{NS}	0.06 ^{NS}
SC	0.091	0.003	0.047	0.007	0.062	599529	142.29	37.31	27.22
CV	10.36	17.78	18.28	11.50	54.69	50.55	30.08	11.56	105.30

^{NS} No significativo ($P \leq 0.05$). * Significativo ($P \leq 0.05$).

FV = Fuente de variación, GL = grados de libertad, CM = cuadrados medios SC = suma de cuadrados y CV = coeficiente de variación (%). NT= nitrógeno total, P= fósforo, K= potasio, Ca= calcio, Mg= magnesio, Fe= hierro, Zn= zinc, Mn= manganeso y B= boro.

Anexo 15. Cuadros medios de la acumulación de nutrimentos en hojas, raíces y pseudobulbos de plantas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa* (primer análisis nutrimental).

FV	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
			(%)				(mg. kg ⁻¹)		
GL	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Error	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Total	17	17	17	17	17	17	17	17	17
CM	13.22*	0.96 ^{NS}	53.88*	319.83*	4.08 ^{NS}	31.41*	8.51*	224.36*	0.26 ^{NS}
SC	0.113	0.001	3.32	7.75	0.151	1655742	601.61	13099.94	63.25
CV	10.36	17.78	18.28	11.50	54.69	50.55	30.08	11.56	105.30

^{NS} No significativo ($P \leq 0.05$). * Significativo ($P \leq 0.05$).

FV = Fuente de variación, GL = grados de libertad, CM = cuadrados medios SC = suma de cuadrados y CV = coeficiente de variación (%). NT= nitrógeno total, P= fósforo, K= potasio, Ca= calcio, Mg= magnesio, Fe= hierro, Zn= zinc, Mn= manganeso y B= boro.

Anexo 16. Cuadrados medios del contenido nutrimental los diferentes órganos de plantas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*.

FV	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
	(%)			(mg. kg ⁻¹)					
GL	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Error	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Total	17	17	17	17	17	17	17	17	17
CM	7.26 *	0.09 ^{NS}	7.46 *	1.25 ^{NS}	0.10 ^{NS}	15.94 *	1.41 ^{NS}	66.53 *	0.25 ^{NS}
SC	0.062	0.000	0.460	0.030	0.003	840052	99.61	3884.61	61.52
CV	10.36	17.78	18.28	11.50	54.69	50.55	30.08	11.56	105.30

Anexo 19. Cuadrados medios del efecto general de la fertilización foliar (en el segundo análisis nutrimental) en la acumulación de nutrimentos en plantas de *Cattleya aurantiaca* y *Laelia speciosa*.

FV	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	B
			(%)				(mg. kg ⁻¹)		
GL	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Error	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Total	19	19	19	19	19	19	19	19	19
CM	0.461 ^{NS}	0.002 ^{NS}	0.0301 ^{NS}	0.207 ^{NS}	0.014 ^{NS}	150.68 ^{NS}	17.89 ^{NS}	268 ^{NS}	136.08 ^{NS}
SC	4.15	0.002	2.71	1.86	0.127	1356.13	161.0	2420	1224.77
CV	32.00	11.19	18.41	29.34	23.82	21.08	38.51	38.70	53.23

^{NS} No significativo ($P \leq 0.05$). * Significativo ($P \leq 0.05$).

FV = Fuente de variación, GL = grados de libertad, CM = cuadrados medios SC = suma de cuadrados y CV = coeficiente de variación (%). NT= nitrógeno total, P= fósforo, K= potasio, Ca= calcio, Mg= magnesio, Fe= hierro, Zn= zinc, Mn= manganeso y B= boro.